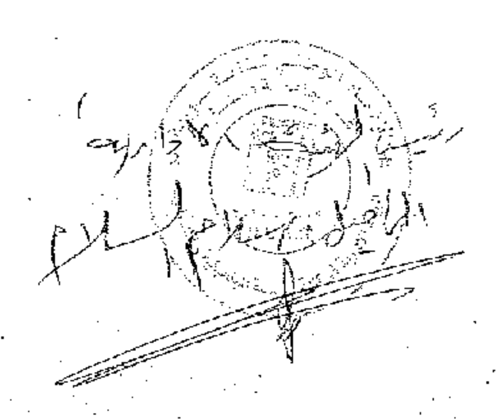
كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية

نوطة عملي الفيزياء

جميع اختصاصات السنة الأولى

الفصل الثاني 2009-2010



قوانين أوم

أدوات التجربة وأجهزتها :

سلك منتظم المقطع مركب على مسطرة مدرجة ومجهز بزالقة لتعديل طوله .

معدلة ، مدخرة (بطارية) ؛ مقياس فولت متعدد المجالات ومستمر ، مقياس أمبير ، قاطعة ، مكرومتر ، أسلاك توصيل مهملة المقاومة .

غرض التجربة :

التحقق من قوانين أوم في الدارات البسيطة وذلك بدراسة تغيرات فرق الكمون بين طرفي ناقل معدني بتابعية شدة التيار المار به .

المبدأ النظري :

أ – يقال عن ناقل AB انه يخضع لقانون أوم إذا كانت نسبة فرق الكمون بين طرفيه إلى شدة التيار المار به ثابتة (قانون أوم الأول) . أي أنه يوجد تناسب طردي بينهما ويعبر عن ذلك بالعلاقة :

$$R \text{ (أوم)} = \frac{V_A - V_B \text{ (فولط)}}{I \text{ (أمبير)}}$$

حيث R ثابتة تدعى مقاومة الناقل وتقدر بالأوم (Ω) ويتم قياس شدة التيار بالأمبير (A) بوساطة جهاز (أمبيرمتر) يوضع على التسلسل مع الناقل AB . أما فرق الكمون ($V_A - V_B$) . فيتم قياسه بوساطة جهاز (فولطمتر) يوضع على التفرع مع الناقل AB . ويرمز اختصاراً إلى فرق الكمون ($V_A - V_B$) بالرمز (V) وتصبح العلاقة (١) بالشكل :

$$V = R I$$

تعطى للشدة (I) في السلك قيم مختلفة وتقاس قيم (V) المقابلة لها بين مربطي السلك AB فان دلت التجربة على أن النسبة (V/I) ثابتة في سلك معين ضمن حدود أخطاء القياس كان قانون أوم الأول صحيحاً ومحققاً بالتجربة .

وإذا مثلنا بيانياً فرق الكمون بين طرفي السلك الناقل بدلالة شدة التيار نحصل على خط مستقيم ميله يعطي الثابتة R .

ب – قانون أوم الثاني :

تدل التجربة على أن مقاومة سلك أسطواني ناقل (R) منتظم المقطع تتناسب طرداً مع طوله (L) وعكساً مع مساحة مقطعه (S) وعامل التناسب يتوقف على طبيعة الناقل وعلى حالته الفيزيائية وتعطى بالعلاقة :



$$R = \rho \frac{L}{S}$$

حيث ρ ثابتة وتدعى بالمقاومة النوعية لمادة الناقل وتعتمد على نوعية معدن الناقل وتعتمد على نوعية معدن الناقل وتقدر (أوم X متر) ومقلوبها

$$\sigma = \frac{1}{\rho}$$

يسمى الناقلية النوعية للمعدن .

ج – قانون أوم الثالث :

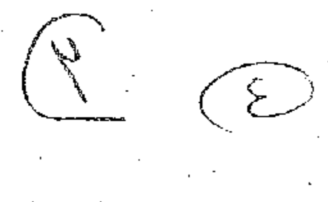
في حالة دارة مغلقة تحوي مقاومة خارجية (R) ومولداً قوته المحركة الكهربائية (E) ومقاومته الداخلية (r) ، تعطى شدة التيار بالعلاقة :

$$(أمبير)\ I = \frac{E \qquad (فولط)}{R + r \qquad (أوم)}$$

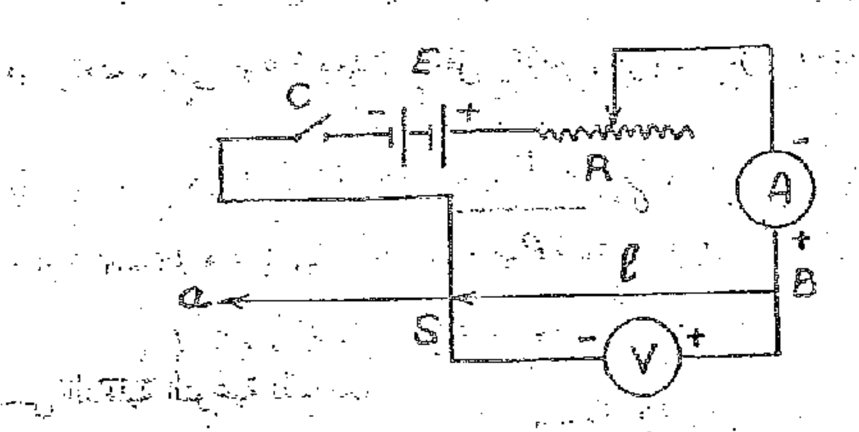
ويتحدد نوع المولد بقوته المحركة الكهربائية ومقاومته الداخلية .

العمل المخبري التجريبي :

ركب دارة كهربائية كالمبينة بالشكل (١) . مكونة من مدخرة (E) وقاطعة C ومعدلة (R) ومقياس ميلي أمبير موصول على التسلسل بين طرفي



لسلك AB المشدود على لوحة خشبية ومقياس ميلي فولط موصول على التفرع
ين طرفي السلك .



الشكل رقم (١)

وتترك القاطعـــة مفتوحة حتى يتم فحص الدارة من قبل الاستاذ المشرف .

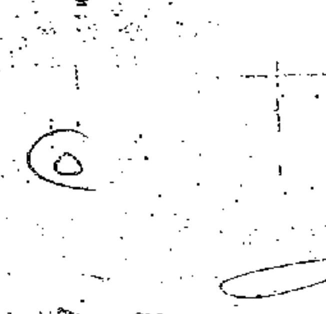
- تغير شدة التيار بدلالة المقاومة (فرق الكمون ثابت) :

١ - ادخل المقاومة (R) كلها في الدارة واجعل طول السلك (20 cm)
ساطة الزالقة (S) .

٢ - غير من قيمة المعدلة حتى يشير مقياس الفولط إلى (0,5 V) سجل قيمة
ة التيار الموافقة .

٣ - كرر الخطوتين السابقتين من أجل أطوال مختلفة للسلك ... مع بقاء فرق
مون بين طرفي السلك ثابتاً عند القيمة (0,5 V) .

٤ - رتب النتائج في جدول كما يلي :



	L (M) m	0,20	0,30	0,40	....	1
V = 0,5 V	I (A)					
	$\frac{1}{L_1}$ $(\frac{1}{m})$					

الجدول رقم (أ)

يراعى في الجدول اتباع واحدات الجملة الدولية

ب – تغير فرق الكمون بدلالة شدة التيار (طول السلك ثابت) :

١ – اجعل طول السلك ثابتاً وليكن $(L = 1M)$ مثلاً

٢ – عدل قيمة R المعدلة حتى يشير مقياس الأمبير إلى شدة تيار (0,2 A)

ثم سجل قراءة مقياس الفولط .

٣ – أعد الخطوة السابقة من أجل شدات مختلفة للتيار وسجل قيم فروق

الكمون الموافقة ورتب النتائج في جدول كالتالي :

	I (A)	0,2	0,4	0,6	....	1
L = 1 M1	V (v)					
	$R = \frac{V}{I}$ (Ω)					
	$\overline{R}$ (Ω)					

الجدول رقم (٢)

ج – تغير فرق الكمون بدلالة المقاومة (شدة التيار ثابتة) :

١ – أعد العمليات السابقة ولكن هذه المرة بجعل شدة التيار ثابتة وتساوي (0.5 A) .

وسجل النتائج في جدول كالتالي :

I	L (M)	0,20,	....	1
I = 0,5 A	V (v)			

الجدول رقم (٣)

ملاحظة : في الدارة ننقل فقط مقياس الفولت ونتركه على السلك

حساب المقاومة النوعية :

١ - قس قطر السلك بوساطة المكرومتر وذلك في ثلاث نقاط مختلفة منه ثم احسب القراءة الوسطية واحسب سطح مقطعه (S) .

٢ - احسب المقاومة النوعية للسلك (ρ) بتطبيق العلاقة (٢) مستخدماً مقاومة السلك التي حصلت عليها من الجدول (٢) أو من الخط البياني المرسوم بين تحولات (V,I) .

٣ - احسب الخطأ المطلق المرتكب في قياس R وكتابتها بالشكل :

$$R = (\bar{R} \pm \Delta R)\,\Omega$$

الرسم البياني :

١ - ارسم بيانياً العلاقة بين شدة التيار (I) على المحور الشاقولي ومقلوب طول السلك ($\frac{1}{L}$) على المحور الأفقي (الجدول رقم ١) وأوضح شكل الخط البياني .

٢ - أرسم بيانياً العلاقة بين فرق الكمون (V) على المحور الشاقولي وطول السلك (L) على المحور الأفقي وأوضح شكل المنحني وكيف تحصل على شدة التيار الثابتة من ميل المنحني (الجدول ٢) .

٣ - أرسم بيانياً العلاقة بين فرق الكمون (V) على المحور الشاقولي وشدة التيار (I) على المحور الأفقي وأوضح شكل المنحني واستنتج مقاومة السلك (الجدول رقم ٣) .

التجربة الثانية

جسر وطسطن

1 ـــ الغاية من التجربة:

أ ـــ تعيين مقاومة مجموعة باستخدام جسر وطسطن.

ب ـــ التحقق من قانون جمع المقاومات على التسلسل.

ج ـــ التحقق من قانون جمع المقاومات على التفرع.

د ـــ التعرف على طريقة قياس المقاومات المستخدمة في الأجهزة والدارات الكهربائية.

2 ـــ أدوات التجربة:

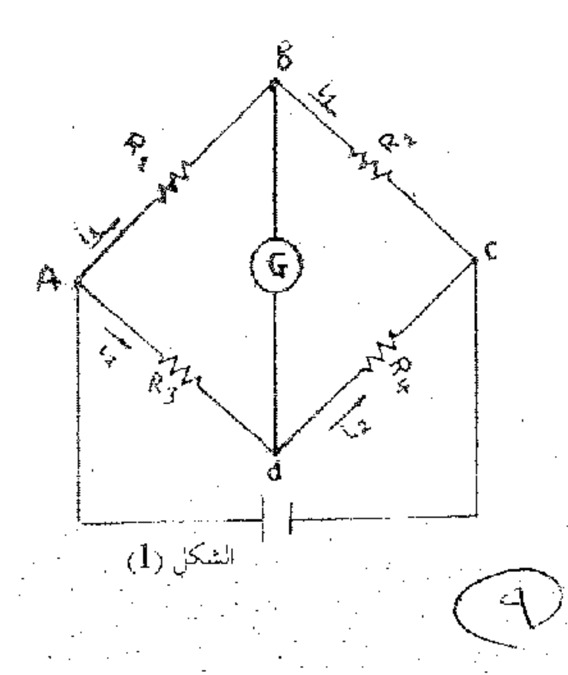
جسر وطسطن، وحدة تغذية بالتيار المتواصل. مقاومات عيارية، مقياس فولط، مقاومات مجهولة، أسلاك توصيل.

3 ـــ المبدأ النظري:

وصف الجسر: يتألف جسر وطسطن من شبكة كهربائية تحتوي أربع مقاومات ثلاث منها معلومة أما الرابعة فهي المجهولة التي نرغب في قياسها، وتحوي وحدة تغذية تعطي تياراً مستمراً، وجهاز غلفاني (G) حساس للتيار ويبين الشكل (1) الدارة النظرية لجسر وطسطن.

المقاومات الأربعة هي R_1, R_2, R_3, R_4 تشكل دارة كهربائية هي A B C D.

يتصل قطبا وحدة التغذية بالمربطين (A) ,(C) بينما يتصل بالمربطين الآخرين D, B بجهاز الغلفاني .



الشكل (1)

توازن الجسر:

عندما يتوازن جسر وطسطن يكون فرق الكمون بين النقطتين (B و (D) معدوماً أي

$V_B - V_D = 0$ حيث (VB) هو كمون النقطة (B) و (VD) هو كمون النقطة (D). ففي حالة توازن الجسر.

تكون شدة التيار الكهربائي (i_1) في الفرع AB مساوية لشدة التيار في الفرع (BC).

وتكون شدة التيار الكهربائي (i_2) في الفرع (AD) مساوية لشدته في الفرع (DC).

حيث أن التيار (i) الصادر من وحدة التغذية يتفرع إلى فرعين هي (i_1) و(i_2) عند النقطة (A) وعند وصول التيار إلى (D,B) يتفرعان مرة أخرى.

ونحصل على:

$$.VA - VD = VA - VB \ (1)$$

$$.VD - VC = VB - VC \ (2)$$

أي

$$.i_1 R_1 = i_2 R_3 \ (`1)$$

$$.i_1 R_2 = i_2 R_4 \ (`2)$$

وبالتقسيم والاختصار نحصل على العلاقة التالية:

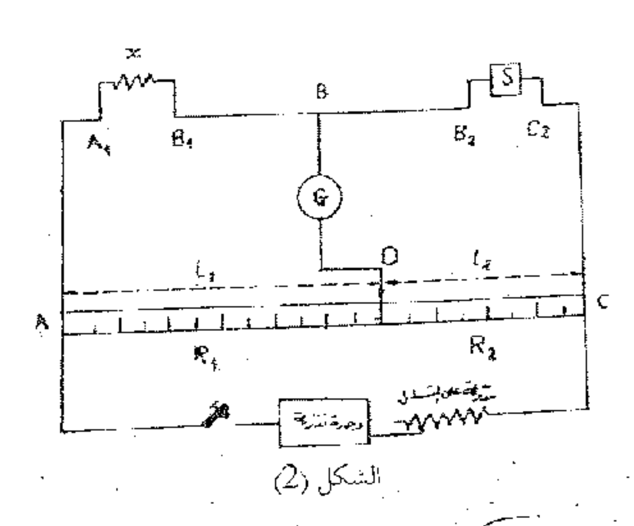
$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} \ (3)$$

فإذا أعطيت المقاومات R_4, R_2, R_3 أمكن استخراج المقاومة الرابعة ($R_1 = X$) المجهولة وذلك في حالة توازن الجسر.

ويلجأ عادة لاستخدام مقاومة عيارية (S) معلومة مكان R2 ويقوم مقام المقارمتين R_3, R_4. جـزءا الـسلك ADC وهما L_1, L_2 وذلك لأن نسبة مقاومتي سلكين متجانسين تساوي نسبة طوليهما بحسب العلاقة: انظـر الشكل (2) ويصبح الشكل النهائي للعلاقة (3).

$$\frac{X}{S} = \frac{L_1}{L_2} \qquad R = \rho\frac{L}{S}$$

أو (4) $\boxed{X = S\frac{L_1}{L_2}}$ حيث (L_1) يقابل المقاومة المجهولة: (L_2) يقابل المقاومة العيارية (S).



الشكل (2)

الإجراء التجريبي:

1 ـــ نصل الدارة كما في الشكل (2).

حيث أن الجسر المتري (وطستون) هو مؤلف من مسطرة خشبية طولها متر ومربوط في طرفيها سلك معدني متجانس ومنتظم المقطع (AC) ونترلق فوق السلك زالقه D تستخدم لتحقيق توازن الجسر ويتصل طرفا السلك بقطع نحاسية مجهزة في نهاياتها بمرابط هي B_1, A_1, B, C_2, B_2.

2 ـــ نضع إحدى المقاومات المجهوله X_1 بين المربطين (A_1 B_1) والمقاومة العيارية (S) بين المربطين (B_2 C_2).

3 ـــ نصل وحدة التغذية عن طريق مخرج التيار المتواصل ذي الكمون المتغير إلى مأخذ تيار المدينة (22ov) واجعل الزالقة D عند منتصف السلك (AC) أي عند التدريج (50) على المسطرة.

4 ـــ نبحث عن نقطة التماس (D) بين السلك (C – D) الموصول إلى المقياس الغلفاني (G) والسلك المتـــري (AC) والتي من أجلها يبقى المؤشر في وضع استقراره.

ونتأكد بأن نزيح الربط D قليلاً إلى إحدى الجهتين فإن مؤشر المقياس ينحرف أيضاً.

ونتأكد أيضاً أنك إذا رفعت المربط (D) عن السلك ثم أعدته لنفس النقطة فإن المؤشر يبقى مستقراً إن قطع الدارة ووصلها لا يؤثر على وضع الاستقرار.

5 ـــ سجل الطولين (L_1, L_2) اللذين تحددهما النقطة (D) عن السلك (AC) اقطع التيار من وحدة التغذية منعاً لزيادة ارتفاع درجة حرارة السلك (AC).

بادل بين موضعي (S) و (X_1) وابحث عن التوازن الجديد للجسر.

ليكن ($L`_1$) طول السلك المقابل للمقاومة ($X_1$) و ($L`_2$) طول السلك المقابـــل للمقاومـــة العياريـــة (S) احسب المقاومة X_1 من العلاقة:

$$X_1 = S\,\frac{\overline{L}_1}{\overline{L}_2} \qquad (5)$$

حيث

$$\overline{L}_1 = \frac{L_1 + L`_1}{2} \qquad \overline{L}_2 = \frac{L_2 + L`_2}{2}$$

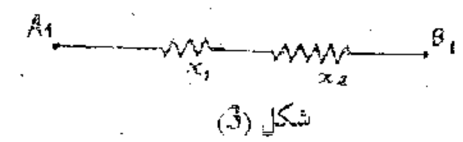
إن طريقة مبادلة المقاومتين (S X_1) تؤدي إلى إنقاص الارتياب الناتج عن عدم انتظام مقطع السلك وعن خطـــأ التوصيل عند طرفيه.

6 ـــ أعد الإجراء من (4 ـــ .....) بالنسبة لكل من المقاومتين المجهولتين (X_3) – (X_2) سجل النتائج في جدول كما يلي:

المقاومة المجهولة	S المقاومة العيارية Ω	L_1 m	L_2 m	L'_1 m	L'_2 m	$\overline{L}_1$ m	$\overline{L}_2$ m	$X = S\frac{\overline{L}_1}{\overline{L}_2}$ Ω
X_1								
X_2								
X_3								

جدول (1)

7 ـــ صل المقاومتين (X1, X2) على التسلسل وأعد الإجراء السابق مستخدماً المقاومتين الموصولتين على التسلسل بدلاً من إحداهما كما في الشكل (3).



شكل (3)

سجل النتائج في جدول كما يلي:

المقاومتان على التسلسل.

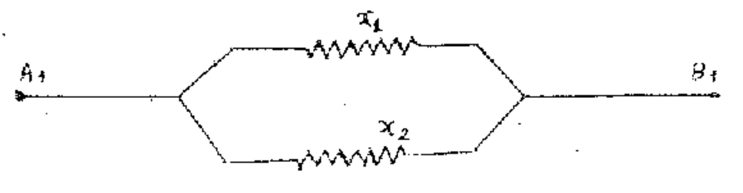
جدول (2)

S	L_1	L_2	$'L_1$	$'L_2$	$\overline{L}_1$	$\overline{L}_2$	$X' = S\frac{\overline{L}_1}{\overline{L}_2}$ Ω	$X = X_1 + X_2$ Ω	$100\frac{\Delta X}{X}$ %

هل النتيجة التجريبية $X' = S\frac{\overline{L}_1}{\overline{L}_2}$ تطابق النتيجة التي يفرضها قانون جمع المقاومات على التسلسل $X = X_1 + X_2$ ؟ سجل الفرق بين النتيجتين

$\Delta X = |X' - X|$ ناقش الارتيابات.

ـــ صل المقاومتين (X_1, X_2) على التفرع وأعد الإجراء السابق مستخدماً المقاومتين الموصولتين على التفرع بدلاً من إحداهما كما في الشكل (4).



سجل النتائج في جدول كما يلي:

المقاومتان على التفرع جدول (3).

S	L_1	L_2	$'L_1$	$'L_2$	$\overline{L}_1$	$\overline{L}_2$	$X=S\frac{\overline{L}_1}{\overline{L}_2}$	$X=\frac{X_1X_2}{X_1+X_2}$	$100\frac{\Delta X}{X}\%$

جدول (3)

ناقش كما في الجدول السابق.

ـــ طريقة قياس المقاومات المستخدمة في الأجهزة والدارات الكهربائية.

يتم هذا القياس بقراءة قيم المقاومات الملونة المستخدمة في الأجهزة الالكترونية حيث رمز لكل رقم من الصفر حتى تسعة بلون معين كما في الجدول الآتي:

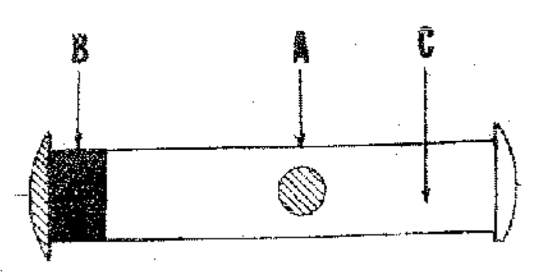
العدد	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
اللون الذي يدل عليه	أسود	بني	أحمر	برتقالي	أصفر	أخضر	أزرق	بنفسجي	رمادي	أبيض
A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
B	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
C	1	10	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9

جدول (4)

يوجد من المقاومات نوعان يظهران بالشكلين (5) ، (6).

في الشكل (5) يدل لون الجسم (A) على الرقم الأول من اليسار ويدل لون الطرف (B) على الرقم الذي يليه أما لون البقعة (C) فيدل على عدد الأصفار التي ينبغي وضعها أمام الرقمين السابقين.

مثلاً إذا كان لون الجسم بنياً والطرف أحمر والبقعة برتقالي كانت القيمة المطلوبة (12000Ω).



شكل 5

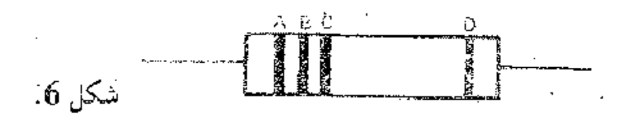
أما الشكل (6) يحوي هذا النوع أربع حلقات A,B,C,D يكون لون الحلقة D فضياً أو ذهبياً.



ويدل لون الحلقة (A) على الرقم الأول من اليسار ولون الحلقة (B) على الرقم الذي يليه أما لون الحلقة (C) فيدل على عدد الأصفار التي ينبغي وضعها أما الرقمين السابقين.

فإذا افترضنا أن الحلقات الثلاث صفراء اللون مثلاً كانت قيمة المقاومة ($440.000\ \Omega$)

ويدل اللون الفضي على أن الخطأ النسبي في قيمة المقاومة هو (10%) في حين أن اللون الذهبي يدل على أن الخطأ النسبي في قيمة المقاومة هو (5%).



شكل 6:

العمل:

1 ــ تدرب على قراءة المقاومات التي لديك باستخدام جدول الألوان واكتب قيمتها مباشرة مع الخطأ المطلق والخطأ النسبي بالشكل $R_1 = (\overline{R} \pm \Delta R)$.

2 ــ صل المقاومة بالآفومتر واقرأ القياس الحاصل بالأوم.

3 ــ قارن القراءة المباشرة مع القياس الحاصل بالآفومتر وسجل نتائجك في جدول واحسب الفرق ماذا تستنتج؟

التجربة الثالثة

قياسات أساسية باستخدام راسم الاهتزاز المهبطي

سنقوم الآن ببعض القياسات الأساسية مستخدمين راسم الاهتزاز المهبطي . والقياسات المطلوب إجراؤها هي :
قياس التوتر والتواتر.

الأجهزة والأدوات المستخدمة :

1 ــ راسم اهتزاز مهبطي

2 ــ مولد إشارات يعطي إشارات متعددة الأشكال : جيبية ، مثلثية ، مستطيلة ، بسعات مختلفة وتواترات مختلفة .

3 ــ مقياس فولط أو مقياس متعدد الأغراض لقياس التوترات المستمرة والمتغيرة

4 ــ بطارية جافة أو منبع تغذية يعطي توتراً مستمراً .

5 ــ محولة خافضة للتوتر تعطي توتراً يتراوح بين 6 و 12 فولطاً.

6 ــ مقابس وأسلاك توصيل .

أولاً ــ قياس التوترات :

أ ـ قياس التوترات المستمرة dc : من أجل ذلك اتبع مايلي :

1 ــ صل الراسم بمأخذ تيار المدينة وضعه في حالة التشغيل مستعيناً بمفتاح التشغيل . احذف قاعدة الزمن واضبط حزمة الالكترونات في مركز الشاشة . استخدم مفتاح التحكيم لتوضيحها ومفتاح الشدة لضبط شدتها .

2 ــ ضع مفتاح الحساسية الشاقولية على الوضع 0.5 V / cm مثلاً ، أو اختر حساسية أخرى إذا اقتضى الأمر ذلك .

3 ــ صل مربطي البطارية أو منبع التغذية المستمر إلى مربطي الدخول الشاقولي لراسم الاهتزاز (المربط Y والأرض) . لاحظ جهة انحراف البقعة على الشاشة ومقدار هذا الانحراف . اعكس وصل البطارية أو المنبع إلى الراسم ولاحظ جهة و مقدار انحراف البقعة من جديد .

احسب وسطي الانحرافين ثم استنتج قيمة توتر البطارية أو منبع التغذية المستمر وذلك بضرب قيمة وسطي الانحرافين في قراءة مفتاح الحساسية الشاقولية التي اخترتها . قدّر قيمة الخطأ المرتكب .

4 ــ استخدم مقياس فولط مستمر لقياس توتر البطارية أو المنبع ، وعيّن الخطأ المرتكب في هذا القياس .

5 ــ أعد العمل من أجل بطارية أخرى أو منبع آخر ، وسجل النتائج في جدول مناسب كالتالي وقارنها ببعضها :

القياسات / التجربة	الانحراف للأعلى (cm)	الانحراف للأسفل (cm)	وسطي الانحرافين	الحساسية الشاقولية V (cm)	توتر البطارية (v)	قياس التوتر بمقياس فولط (v)
البطارية (1)						
البطارية (2)						

ب ــ قياس التوترات المتناوبة (a . c) بواسطة الراسم . من أجل ذلك اتبع مايلي :

1 ــ صل مولد الإشارات بمأخذ تيار المدينة وضعه في حالة التشغيل ثم انتظر قليلاً . ضع المولد في الوضعة التي يعطي فيها موجة جيبية . تحكم في الجهاز بحيث تحصل على هذه الموجة بسعة تقارب 10 فولط من القمة إلى القمة وبتواتر قدره 1 KHz تقريباً .

يفضل الرجوع إلى التعليمات الخاصة بتشغيل مولد الإشارات هذا أو الاستعانة بالمشرف عند الضرورة .

2 ــ ضع مفتاح الحساسية الشاقولي على الوضع 2 V / cm مثلا ، أو أي وضع آخر يناسب القياس الذي تقوم به .

3 ــ صل مخرج مولد الإشارات بمدخل راسم الاهتزاز الشاقولي مستخدماً مقابس خاصة لذلك . ستشاهد على الشاشة أثر الموجة الجيبية . احذف قاعدة الزمن على الراسم فيتحول الأثر إلى خط شاقولي . علل ظهور هذا الخط .

4 ــ قس طول الخط على الشاشة واحسب عدد الفولطات المقابلة . إن ما حصلت عليه يعطيك سعة التوتر الخارج من مولد الإشارات V_{p-p} من القمة إلى القمة ، أي 2 V ، حيث تمثل V سعة التوتر الجيبي المطبق .

5 ــ احسب القيمة المنتجة للتوتر الجيبي المطبق من العلاقة :

$$V_e = \frac{V}{\sqrt{2}} = 0.707\,V \quad \text{Volts}$$

6 ــ استخدم مقياس فولط متناوب وقس القيمة المنتجة $V_e^`$ للإشارة الجيبية السابقة . وقارن النتيجة بما حصلت عليه أعلاه . سجل نتائجك في جدول كالتالي :

القياسات / التجربة	طول الخط على الشاشة (cm)	قراءة الحساسية V (cm)	V_{p-p}	التوتر المنتج V_e	مقياس الفولط $V_e^`$
قياس (1)					
قياس (2)					

جـ ــ قياس التوترات ذات الموجة المستطيلة : من أجل ذلك اتبع مايلي :

1 ــ ضع مولد الإشارات على الوضعة التي يعطي فيها موجة مستطيلة.

2 ــ شاهد على الشاشة أثر الموجة المستطيلة . احذف قاعدة الزمن على الراسم وشاهد تحول الأثر إلى خط شاقولي .



3 ــ قس طول هذا الخط على الشاشة واحسب سعة الموجة المستطيلة V_{p-p} من القمة إلى القمـــة . $V_e =$ .... V على الراســم

4 ــ استخدم مقياس الفولط المتناوب لقياس القيمة المنتجـــة للموجـــة المـــستطيلة V_e : $V_e =$ V

5 ــ ما هي العلاقة بين سعة الموجة المستطيلة $V = \frac{V_{p-p}}{2}$ والقيمة المنتجة V_e لهذه الموجة المستطيلة ؟

ثانياً ــ قياس دور وتواتر موجة جيبية :

1 ــ ضع مفتاح قاعدة الزمن في الراسم على الوضع 0.5 ms / cm ولاحظ ظهور خط أفقي على شاشـــة الراسم .

2 ــ اختر تواتراً قدره 1 k Hz على مولد الإشارة وانتخب وضع الإشارة الجيبية على هذا المولـــد ثم صـــل مربطه بمربطي الانحراف الشاقولي لراسم الاهتزاز ولاحظ ظهور الموجة الجيبية على شاشة الراسم .

3 ــ قس عدد السنتمترات التي يغطيها دور كامل واستنتج من قراءة مفتاح قاعدة الزمن دور الاهتزاز الجـــيبي . استنتج قيمة التواتر بأخذ مقلوب هذا المقدار .

4 ــ قارن التواتر الذي قسته بهذه الطريقة مع التواتر المأخوذ على المولد .

5 ــ غيّـــر قيمة التواتر على المولد واجعله 10 k Hz في هذه المرة . ثم أعد المراحل السابقة . يمكنـــك تغـــيير وضعة مفتاح قاعدة الزمن إذا لزم الأمر .

6 ــ سجل نتائج القياس في جدول كالتالي :

جدول قياس دور وتواتر موجة جيبية

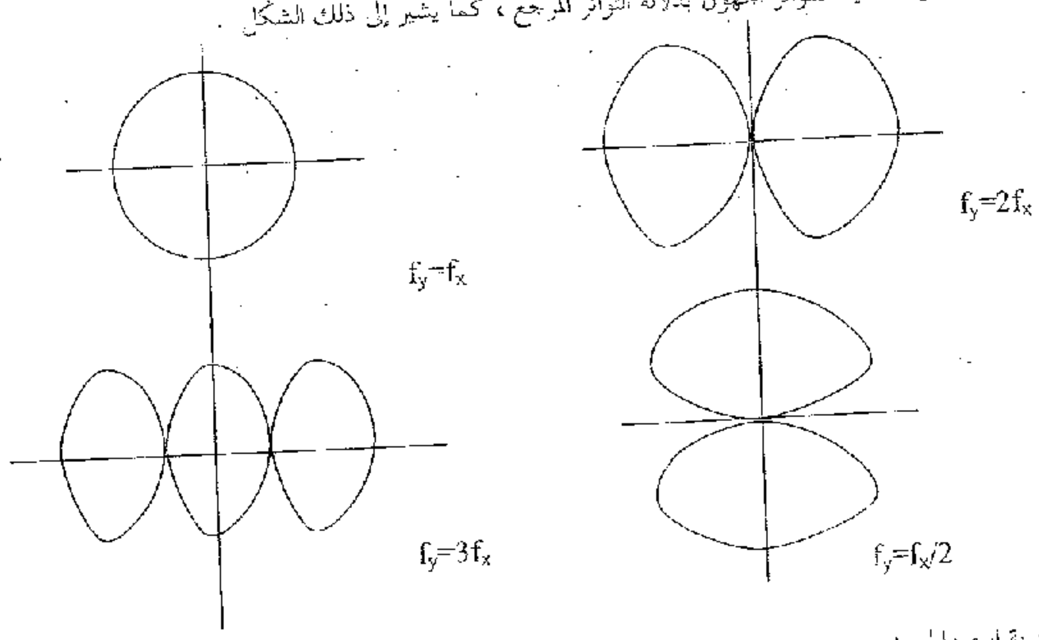
القياسات / تواتر المولد	طـــــول دور الاهتزاز (cm)	قراءة قاعـــدة الزمن ms/ (cm)	دور الاهتزازة T(s)	تواتر الاهتزازة F(Hz)
$F_1=10^3$ Hz $F_2=10^4$ Hz -- ---- -- ----				

التجربة الرابعة

قياس التواتر بواسطة منحنيات (أشكال) ليساجو باستخدام راسم الاهتزاز المهبطي

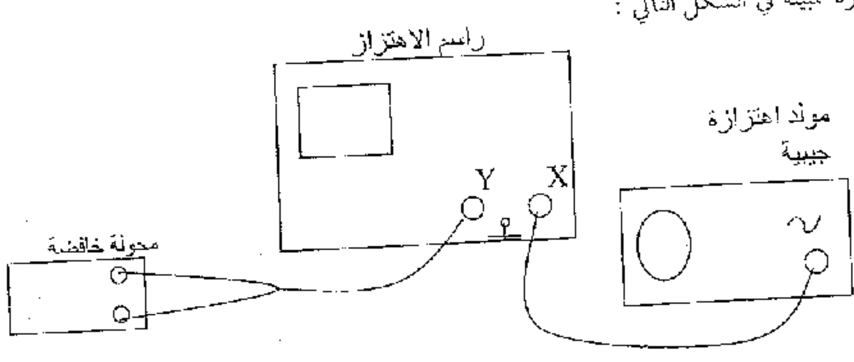
يعد قياس التواتر عن طريق تشكيل أشكال ليساجو طريقة دقيقة لقياس تواتر مجهول بمقارنته بتواتر معلـــوم بدقـــة ومأخوذ كمرجع .

يطبق التواتر المرجع على المدخل X لراسم الاهتزاز المهبطي بعد حذف قاعدة الزمن على الراسم ، كمـــا يطبـــق التواتر المجهول على المدخل Y . إنّ الأشكال التي نحصل عليها (المعروفة باسم منحنيات ليساجو) والتي تظهـــر على الشاشة تعطينا قياساً دقيقاً للتواتر المجهول بدلالة التواتر المرجع ، كما يشير إلى ذلك الشكل .



للقيام بالتجربة اتبع مايلي :

1 ــ ركّب الدارة المبينة في الشكل التالي :



2 ــ خذ الإشارة المرجع التي هي موجة جيبية ثابتة السعة من خرج مولد إشارة وصلها إلى المدخل X من راسم الاهتزاز المهبطي بعد حذف قاعدة الزمن وذلك بوضعه على الوضعة EXT .

3 ــ صل خرج المحولة ، التي تعطي موجة جيبية تواترها هو تواتر التغذية الأساسية للمدينة الذي يـــساوي 50 Hz : إلى المدخل Y من راسم الاهتزاز المهبطي .

4 ـــ حرّك قرص مولد الإشارة حول التواتر 50 Hz لتحصل على دائرة أو قطع ناقص مستقر على شاشة الراسم .

5 ـــ أعد العملية من أجل تواترات أخرى 25 Hz و 100 Hz و 150Hz

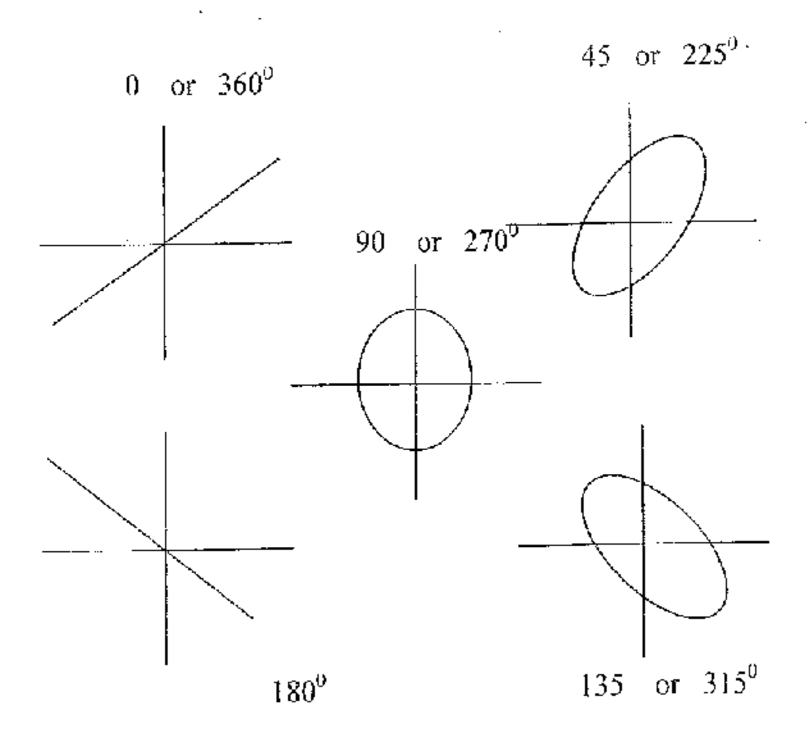
6 ـــ لاحظ الأشكال التي تحصل عليها وانقل آثارها .

ـــ قياس فرق الطور بين إشارتين جيبيتين :

موجز نظري : نفرض أنه لدينا إشارتان جيبيتان بينهما فرق في الطور قدره ϕ احداهما علـى المحـور ox والأخرى على المحور oy ، وهما من الشكل :

$$X = x \sin wt \qquad (1)$$
$$Y = y \sin (wt + \phi) \qquad (2)$$

إن حذفنا t بين المعادلتين يعطي منحنياً يأخذ الأشكال المختلفة المبينة في الشكل التالي والموافقة لقيم مختلفة لفـرق الطور .



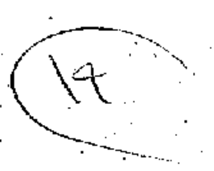
من أجل القيمة الخاصة $\phi = 0^0$ لفرق الطور ، تؤول المعادلتان السابقتان إلى :

$$X = x \sin wt \qquad (3)$$
$$Y = y \sin wt \qquad (4)$$

إذا حذفنا الآن t من المعادلتين حصلنا علـى :

$$Y = \frac{x}{y} X \qquad (5)$$

وهي معادلة مستقيم ميله موجب لأن كلا من X و Y ثابتة موجبة .



أما في الحالة العامة حيث $\phi \neq 0^0$ فان X=0 مرتين :

في المرة الأولى عندما t = 0 وفي المرة الثانية عندما $t = \frac{\pi}{W}$

ويوافق الانعدام الأول قيمة لـ Y نرمز لها بـ B :

$$Y(o) = y \sin(\phi + 0) = B \qquad (6)$$

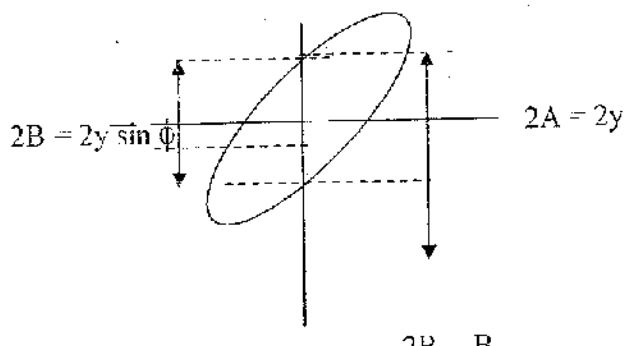
كما يوافق الانعدام الثاني قيمة لـ Y هي نظيرة النقطة السابقة لأن :

$$Y\left(\frac{\pi}{W}\right) = y \sin(\pi + \phi) = -Y \sin \phi = -B \qquad (7)$$

وتكون المسافة بين الانعدامين على المحور الشاقولي هي $2B = 2y \sin \phi$

إذا قسمنا هذه المسافة 2B على 2A التي تمثل السعة العظمى لـ Y فإننا نحصل على $\sin \phi$ ، ومنه نجد قيمة ϕ ، فرق الطور بين الاهتزازتين الجيبيتين .

ويبين الشكل التالي المنحني الذي يظهر على الشاشة في الحالة العامة .



ويتضح من الشكل أنّ :

$$\frac{2B}{2A} = \frac{B}{A} = \sin \phi \qquad (8)$$

الإجراء التجريبي :

نلخص فيما يلي مراحل العمل من أجل قياس فرق الطور بين إشارتين جيبيتين :

1 ــ شكل دارة كتلك المبينه في منحنيات ليساجو ، ومن أجل ذلك :

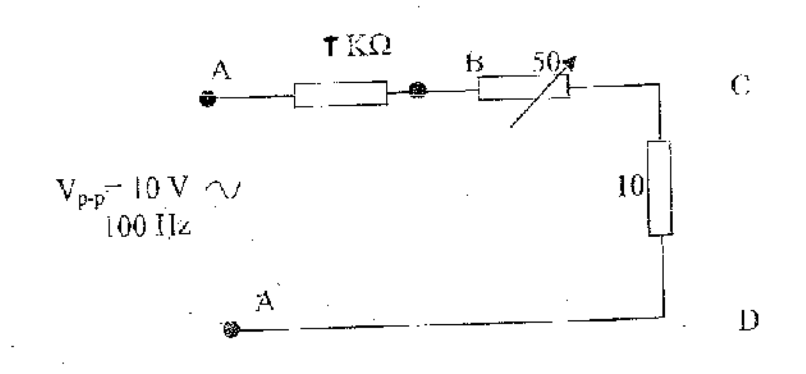
أ ــ صل الملف الثانوي للمحولة الخافضة للتوتر بمربطي الانحراف الشاقولي للراسم بعد اختيار وضع مناسب لمفتاح الحساسية الشاقولي .

ب ــ احذف قاعدة الزمن ، وخذ تواتراً قريباً من 50 H من الهزازة التي تعطي إشارة جيبية . طبق هذا التواتر على لوحي الانحراف الأفقي للراسم . لاحظ ظهور القطع الناقص على الشاشة .

2 ــ هل يتغير القطع بين وضعين مستقيمين كالمبينين في الشكل السابق ؟ فسر سبب ظهور هذا الوضع .

3 ــ حرك قرص الهزازة ببطء حتى تحصل على وضع مستقر للقطع على الشاشة ، ثم قس فرق الطور بين التوتر الذي تولده الهزازة والتوتر الذي تعطيه المحولة مستفيداً من النتيجة التي وصلنا إليها أعلاه في قياس هذا الفرق في الطور (المعادلة 8) .

4 ــ أ ــ ركب الدارة المبينة في الشكل باستخدامك اللوحة الخاصة بذلك بعد أن تغذيها في المدخل AA بإشارة جيبية مأخوذة من مخرج مولد للإشارة سعتها 10 v من القمة إلى القمة وتواترها 100 Hz .



ب ـــ طبق التوتر الخارج من الدارة بين النقطتين C و D على المدخل Y لراسم الاهتزاز واحذف قاعدة الزمن من الراسم .

ج ـــ طبق التوتر المتشكل بين النقطتين B و D على المدخل X من راسم الاهتزاز ولاحظ أثر المتشكل على الشاشة . ضع مفتاح الحساسية الشاقولية في وضع يمكنك من إظهار الأثر بشكل جيد . ما هو شكل الأثر الظاهر على الشاشة ولماذا ؟

د ـــ احذف المقاومة 10 KΩ بين C و D من الدارة واستعض منها بمكثفة $C = 0.047\ \mu F$ ثم غيّر التواتر على مولد الإشارة الجيبية واجعله في هذه المرة 1 K Hz . شاهد الأثر الجديد المتشكل على شاشة راسم الاهتزاز . ثم لاحظ تغير وضع الأثر على الشاشة أثناء تغير قيمة المقاومة المتغيرة 50 k Ω . هل يمكنك إظهار الأشكال المختلفة للقطع المقابلة لزوايا فرق طور مختلفة ؟

هـ ـــ استخرج العلاقة التي تعطي فرق الطور o بين التوتر المتشكل بين طرفي المكثفة والتوتر المتشكل بين طرفي المقاومة في الدارة السابقة .

ما هي قيم المقاومة المتغيرة التي يجب استخدامها للحصول على فرق طور قدرها 30 و 45 و 60 درجة على الترتيب ؟

و ـــ استخدم القيم السابقة للمقاومة المتغيرة وارسم أثر القطع المتشكل في كل مرة واستنتج من ذلك زاوية فرق الطور . قارن بين القيم النظرية المحسوبة لفروق الطور والقيم التي قستها على الشكل

ز ـــ رتب النتائج التي حصلت عليها في جدول مناسب مع مقارنتها بالقيم النظرية .

التجربة الخامسة

التجـــربـــــة رقـــــم (٥)
قياس ثابت لزوجة سائل بطريقة الجريان الشعرى

١ـ ادوات التجربة واجهزتها وموادها :

حوض اسطواني من الماء ـ انبوب شعرى افقي ـ انبوب من المطاط ـ سدادة مثقوبة من محورها ومصنوعة من المطاط ـ عداد ثواني ـ مسطرة ملمترية ـ اسطوانة مدرجة عيارية ـ ورق نشاف .

٢ـ الهدف من التجربة :

دراسة لزوجة الماء النقي وتعيين ثابت لزوجته (η) تجريبيا بطريقة الجريان الشعرى .

٣ـ المبدأ النظرى :

تعطي ثابت لزوجة سائل (η) في الدراسات النظرية بالدستور التالي :

$$\eta = C \; \frac{h.t}{V} \quad .... (1)$$

حيث :

$$C = \frac{\pi . r^4 . \rho . g}{8 \, L} \quad ... (2)$$

(η) : ثابت اللزوجة التي نقدرها بواحدة الباسكال x ثانية (Pa . s) .

(V) : حجم الماء الذى نجمعه في فترة زمنية معينة من الانبوب الشعرى الافقي الشكل (١) ويقدر بواحدة (m^3) .

(h) : ارتفاع سطح الماء السائل في الحوض قبل جريانه في الانبـــوب الشعري ويقدر بالمتر (m) .

(t) : زمن جريان حجم معين (V) من الماء في الانبوب الشعري ويقدر بالثانية (s) .

وحيـــــث :

(ρ) : هي الكتلة الحجمية للماء النقي وتساوى :

$$\rho = 1 \frac{g}{cm^3} = 10^3 \; (kg \, . \, m^{-3})$$

(g) : تسارع الثقالة الارضيـة :

$$g = 9,80 \; m.s^{-2}$$

(L) : طول الانبوب الشعرى الافقي ويساوى :

$$L = 45 \; cm = 0,45 \; m \; .$$

(r) : نصف قطر الانبوب الشعرى المذكور ويساوى :

$$r = 75 \times 10^{-2} \; m.m. = 75 \, . \, 10^{-5} \; m.$$

(C) : هي الثابتة في الدستور (2) ويقدر (بالباسكال x متر مربع - (Pa . m^2) .

٣ــ وصــــــف الجهـــــــــــاز :

يتألف الجهاز المستخدم في الشكل (١) من الأجزاء التالية :

١ــ حوض أسطواني توضع فيه كمية ملائمة من الماء النقي .

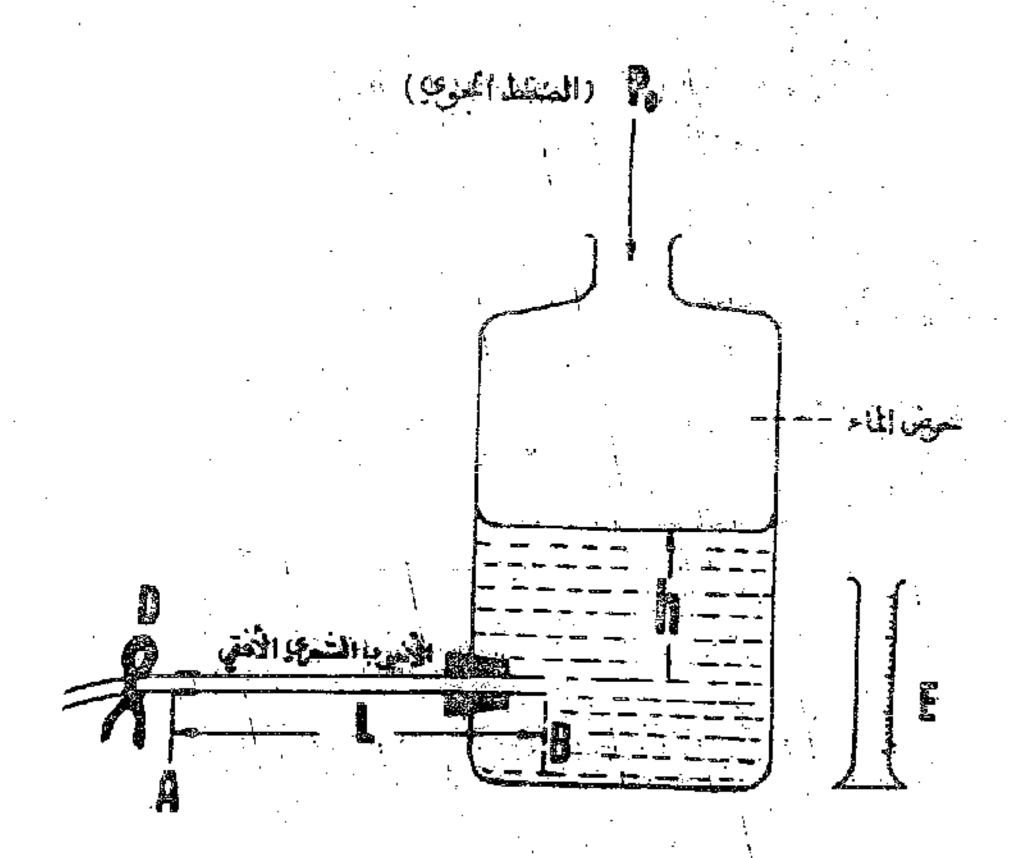
٢ــ أنبوب شعرى من الزجاج (AB) يتصل بحوض الماء بواسطة من المطاط التي تحصرها في الفتحة الجانبية للحوض وتعمل أن

الشعرى أفقيا وملائما لجريان الماء منه .

٣ـ يتصل في النهاية الثانية من الانبوب الشعرى انبوب من المطاط اتصالا محكما ونستخدم لهذا الغرض ملقطا خاصا بالقرب من نهاية الانبوب الشعرى ما أمكن تجنبا من ارتكاب خطأ اضافي هو الخطأ الطرفي .

٤ـ اسطوانة عيارية مدرجة تدريجا دقيقا لقياس حجم الماء الجارى (V) من الأنبوب الشعرى خلال فترة زمنية معينة ، ويتم ذلك بواسطة فتح ثم غلق الملقط على انبوب المطاط الخاص .

٥ـ عداد ثواني .



شـــــــكل ـ ١ ـ

٤ـ الاجـــــــــراء التجـــريبيـــــــي :

١ـ تضع في الحوض الاسطواني كمية ملائمة من الماء النقي على (h) وليكن :

$$h \simeq 20\ cm = 0,20\ m$$

٢ـ نقيس (h) ارتفاع الماء في الحوض بوسيلة دقيقة او بواسطة الملمترية وذلك اعتبارا من منتصف ثقب الانبوب (AB) وحتى سوية في الحوض (ويمكن انجاز ذلك القياس بواسطة عينية نظارة) ثم تفتح ال (A) بواسطة (D) .

٣ـ نمنع جريان الماء في الانبوب (AB) من نهايته (A) بواسطة (D) بعد انقضاء فترة زمنية (t) نعينها بعداد الثواني ونجمع من الماء حجمها (V) .

٤ـ نقيس الحجم (V) بواسطة الاسطوانة المدرجة العيارية (E

٥ـ نحسب ثابتة اللزوجة (η)من المعادلتين (١) و (٢) با -- جملة الواحدات الدولية .

٦ـ نكرر هذه التجربة عدة مرات من اجل قيم مختلفة لكل من (h) و و (V) .

٧ـ نحسب الاخطاء النسبية والخطأ المطلق الوسطي المرتكبة في (η) .

٨ـ نرتب النتائج في الجدول (I) .

الجــــــدول (I)

رقم التجربــة i	h m	V m^3	t s	η Pa.s	$\bar{\eta}$ Pa.s	$X_i = \left\| \frac{\Delta\eta}{\eta} \right\|_i$	$\bar{X}$	$\overline{\Delta\eta} = \bar{X} \cdot \bar{\eta}$
1	.	.	.	.		.		
2	.	.	.	.		.		
3	.	.	.	.		.		
4	.	.	.	.		.		
.	.	.	.	.		.		
.	.	.	.	.		.		
.	.	.	.	.		.		

١ـ نحسب القيمة الوسطية لثابتة لزوجة الماء ($\bar{\eta}$) ونحسب من الدستور (١) وبالتفاضل اللوغاريتمي الخطأ النسبي الوسطي ($\bar{X}$).
ونستنتج متوسط الخطأ المطلق : ($\overline{\Delta\eta} = \bar{X} \cdot \bar{\eta}$)

٢ـ نكتب النتيجة كما يلي :

$$\eta = \bar{\eta} \pm \overline{\Delta\eta}$$

٣ـ نحسب دقة القياس من هذه النتيجة ونكتبها على الشكل التالي :

$$R = (\bar{X} \times 100) \% = \ldots$$

التجربة السادسة

المنحنيات المميزة للخلايا الشمسية

الهدف من التجربة

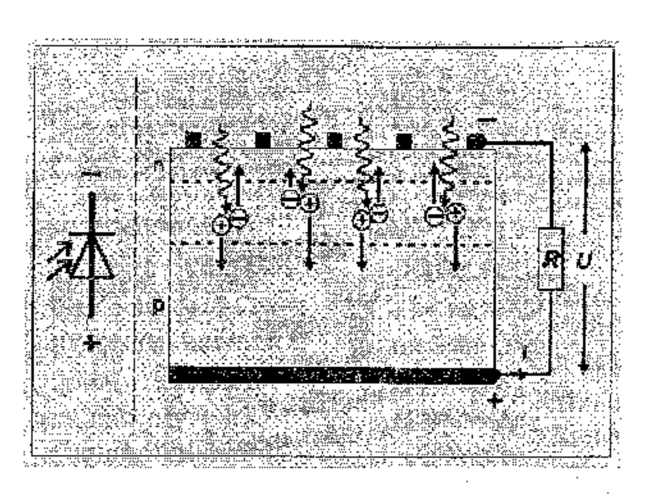
1 – رسم المنحنيات المميزة (توتر– تيار) نقطة فنقطة، قياس توتر الدارة المفتوحة U_0 وتيار دارة القصر I_s من أجل قيم مختلفة للشدة الإشعاعية .

2 – تحديد الاستطاعة P المقدمة كتابع لمقاومة الحمل R من أجل قيم مختلفة للشدة الإشعاعية .

3 – تحديد الاستطاعة العظمى P_{max} ، ومقاومة الحمل المرتبطة بها R_{max} ، ومعامل الامتلاء .

مبدأ التجربة

الخلية الشمسية هي وصلة نصف ناقلة من النوع pn تحول طاقة ضوء الشمس الوارد عليها مباشرة إلى طاقة كهربائية . وتتكون الأجزاء نصف الناقلة من ثنائي ضوئي له مساحة سطحية واسعة صمم بشكل يسمح للضوء باختراق الوصلة p/n من خلال طبقة ناقلة رقيقة من النوع n أو p (أنظر الشكل 1) مولدة بذلك أزواجاً من الإلكترونات والثقوب التي تنفصل عن بعضها بواسطة الحقل الكهربائي الداخلي في طبقة الحاجز وتستطيع الهجرة بالاتجاه المعاكس . تهاجر الإلكترونات نحو المجال المطعم n ، بينما تهاجر الثقوب باتجاه المجال المطعم p .

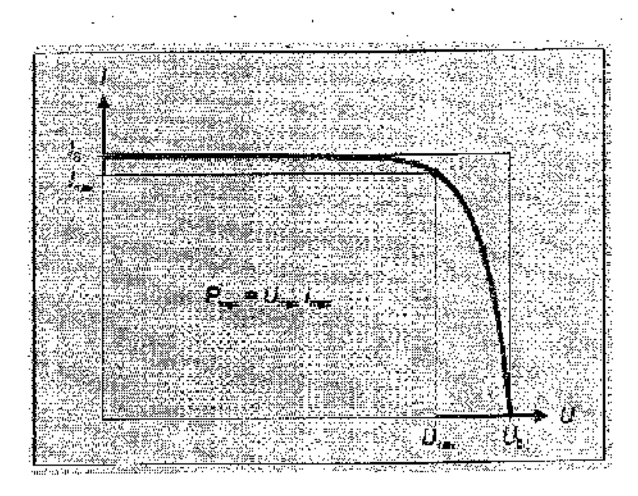


الشكل 1 مبدأ عمل الخلية الشمسية

عند قصر الوصلات المعدنية الخارجية، يسري تيار قصر I_s باتجاه معاكس للثنائي الضوئي . ويكون هذا التيار بصورة أساسية متناسباً مع عدد الأزواج (الكترون–ثقب) المتولدة خلال واحدة الزمن ، أي متناسباً مع أشعة الضوء الواردة ومساحة سطح الخلية الشمسية . وعند فتح الوصلات المعدنية يقود هذا التيار العكسي

إلى جهد دارة مفتوحة U_0 تقود بدورها إلى تيار نفوذ I_D مساوٍ للتيار العكسي، يسري وفق الاتجاه الأمامي للثنائي بحيث لا يسري في الدارة أي تيار . وعند وصل حمل اختياري مقاومته R، يرتبط التيار I الذي يسري في الحمل بالجهد الناتج U بين الوصلتين المعدنيتين . وبشكل مبسط يمكن عدّ التيار I هو الفرق بين التيار العكسي I_S (الذي يرتبط بالشدة الإشعاعية Φ) والتيار I_0 للثنائي نصف الناقل غير المعرض للأشعة وفق الاتجاه الأمامي (الذي يرتبط بجهد الوصلتين U) : $I = I_S(\Phi) - I_0(U)$

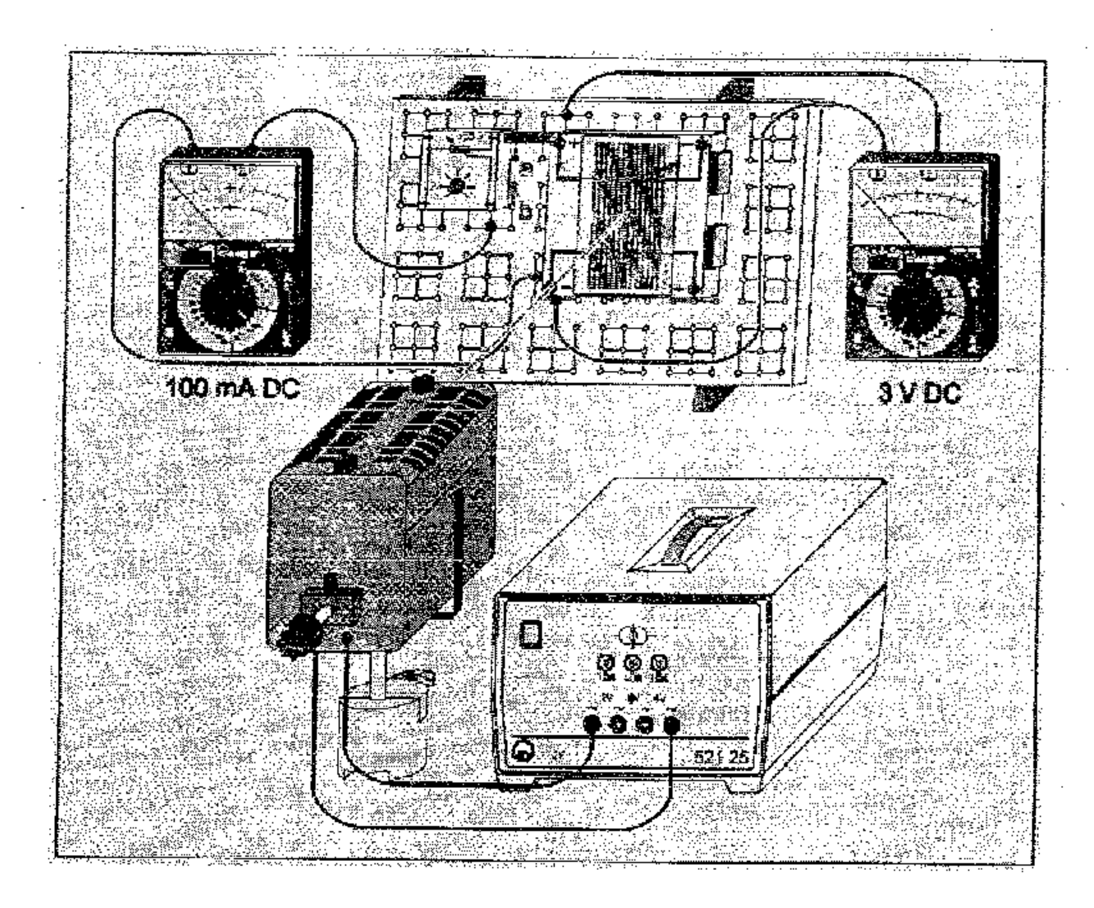
وبهذه الطريقة نحصل على المنحنيات المميزة النموذجية للخلية الشمسية (الشكل **2**) . وفي حالة مقاومات حمل صغيرة تسلك الخلايا الشمسية سلوك منبع ذي تيار ثابت حيث يمكن إهمال التيار الأمامي I_0. وفي حالة مقاومات حمل أكبر تسلك الخلايا الشمسية سلوك منبع ذي جهد ثابت تقريباً لأن التيار $I_0(U)$ يزداد بسرعة عندما يتغير الجهد ببطء .



الشكل **2** المنحني المميز للخلية الشمسية من أجل قيمة محددة للشدة الإشعاعية

<u>الأجهزة والأدوات</u> : يبن الشكل **3** الأجهزة والأدوات المستخدمة في هذه التجربة

- خلية شمسية **2 V / 0.3 A** عدد **1** - لوحة مآخذ عدد **1**
- زوج من حاملات الألواح عدد **1** - مقياس كمون عدد **1**
- مجموعة مؤلفة من عشر وصلات جسريه عدد **1** - مقياس جهد **DC 10 V** عدد **1**
- مقياس تيار **DC 3 A** عدد **1** - غلاف مصباح **50/100W،12 V**
- مصباح هالوجيني **100 W،12 V** عدد **1** - محول **2 – 12 V** عدد **1**
- قاعدة لحمل غلاف المصباح عدد **1** - وصلات



الشكل 3 ترتيب تجربة رسم المنحنيات المميزة للخلايا الشمسية

عند تثبيت قيمة الشدة الإشعاعية ، ترتبط الاستطاعة المقدمة من الخلية الشمسية بمقاومة الحمل $\mathbf{R}$. وتأخذ الخلية الشمسية استطاعتها العظمى P_{max} عندما تكون مقاومة الحمل عظمى $\mathbf{R}_{max}$ والتي تساوي بتقريب جيد لما يسمى بالمقاومة الداخلية $R_i = \frac{U_0}{I_s}$ تكون الاستطاعة العظمى هذه أصغر من جداء جهد الدارة المفتوحة بتيار القصر . ونسمي معامل الملئ (رمزه $\mathbf{FF}$) للنسبة التالية:

$$FF = \frac{U_{max} \cdot I_{max}}{U_0 \cdot I_s} = \frac{P_{max}}{U_0 \cdot I_s}$$

يجمع غالباً عدد من الخلايا الشمسية لتشكيل بطارية شمسية . ويعطي ربط الخلايا على التسلسل قيمة أكبر لجهد الدارة المفتوحة $\mathbf{U_0}$ بينما يعطي ربطها على التفرع تيار قصر $\mathbf{I_s}$ أكبر . نربط في هذه التجربة على التسلسل أربع خلايا ونسجل مميزات (توتر–تيار) من أجل أربع قيم مختلفة للشدة الإشعاعية : ويتم تغيير الشدة الإشعاعية بتغيير المسافة بين مصدر الضوء والبطارية الشمسية . وتظهر الاستطاعة $P = U \cdot I$ التي تقدمها الخلية الشمسية كتابع لمقاومة الحمل $R = \frac{U}{I}$.

إعداد التجربة : يوضح الشكل **3** ترتيب التجربة

– أدخل مآخذ الخلية الشمسية في اللوحة المخصصة لها ، وصل القطب العلوي السالب بالقطب السفلي الموجب مستعملاً وصلتي جسر (ربط الخلايا الأربع على التسلسل) .

– أدخل مقاومة متغيرة (0 – 220 Ω) على التسلسل مع الخلية الشمسية مستعملاً وصلة الجسر .

– صل مقياس الأمبير على التسلسل مع الخلية الشمسية واختر المجال **100 mA DC** .

– صل مقياس الجهد على التفرع مع الخلية الشمسية واختر المجال **3 V DC** .

– صل المصباح الهالوجيني بالمحول ووجه المصباح بحيث تكون إضاءة الخلية الشمسية منتظمة .

تنفيذ التجربة

– أغلق الدارة ، أقصر أولاً المقاومة المتغيرة بواسطة وصلة جسريه بين النقطتين **a** و **b** واختر مسافة بين المصباح الهالوجيني والخلية الشمسية بحيث يكون تيار دارة القصر مساوياً $I_s = 100$ **mA** تقريباً.

– اقطع الدارة وقس توتر الدارة المفتوحة U_0 .

– أغلق الدارة ثم أزح الوصلة الجسريه وزد الجهد أو خفض التيار مغيراً مقاومة الحمل خطوة خطوة . وسجل في كل خطوة قيمتي التوتر والتيار .

– احسب قيمتي المقاومة والاستطاعة في كل خطوة وضع النتائج في جدول كالتالي:

I (mA)	V (v)	R (Ω) = V/I	P (mW) = V.I

– ارسم على ورقة ملليمتريه تغيرات التيار بدلالة التوتر وحدد من الجدول وعلى الشكل قيمة الاستطاعة العظمى

– ارسم على ورقة ملليمتريه تغيرات الاستطاعة بدلالة المقاومة ، ماذا تستنتج ؟

– احسب معامل الملئ **FF**

– اجعل تيار القصر مساوياً **75 mA** – ثم **50 mA** – وبعدها **25 mA** وذلك بزيادة بعد المصباح عن الخلية الشمسية وكرر سلسلة القياسات .

التجربة السابعة

دراسة الثنائي البلوري ذي الوصلة P – N

ـــ دراسة الثنائي البلوري

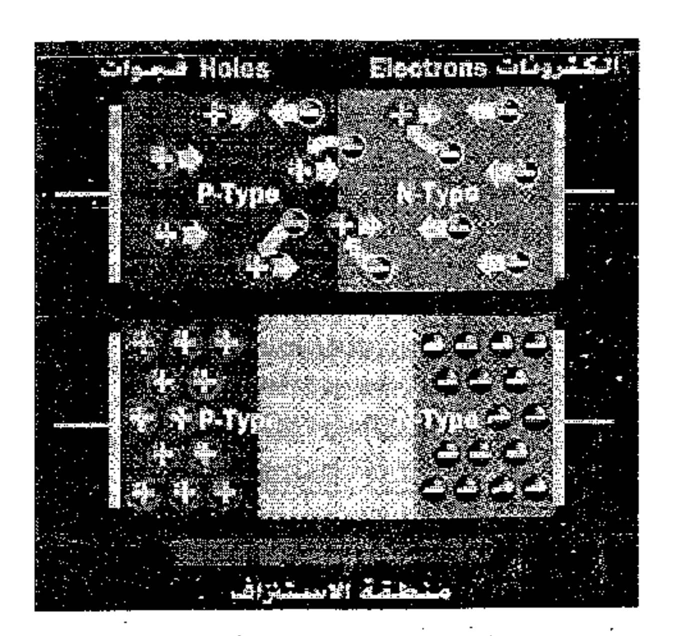
ـــ مقدمة :

إنّ ثنائي المسرى البلوري عنصر لا خطي ، أي إنّ التوتر المطبق بين مربطيه لا يتناسب مع التيار الـذي يجتـازه . ولمعرفة التيار المقابل لتوتر معين لابد من معرفة الخواص المميـزة $I = f(V)$ للثنائي . وتشكل هذه الميزة عنصراً هاماً في معرفة الثنائي واستخداماته في الدارات الالكترونية . والغاية من هذه التجربة رسم المنحني $I = f(V)$ للثنائي.

ـــ مبدأ عمل الثنائي البلوري :

يتألف الثنائي البلوري من بلورة أحادية نصف ناقلة (من الجرمانيوم أو السليكون) مكونة من منطقتين ، منطقـة غنية بالشوائب المعطية التي تعطي عند تأينها الكترونات حرة تشكل **المنطقة N** (أي منطقة نصف الناقـل مـن النوع N) ، ومنطقة غنية بالشوائب الآخذة التي تعطي عند تأينها ثقوباً حرة تشكل **المنطقـة P** (أي منطقـة نصف الناقل من النوع P) .

تشكل القطعة P المصعد A كما تشكل القطعة N المهبط P في الثنائي. وحتى يتم الاستقرار في البلـورة تهاجر الثقوب الحرة من المنطقة P إلى المنطقة N بفعل الانتشار كما تهاجر الالكترونات الحرة من المنطقة N إلى المنطقة P ، ويتم اتحاد بين النوعين من الشحنات أثناء هذه العملية تؤدي في النهاية إلى وجود منطقة فاصلة تشكل حاجزاً بين المنطقتين وهي خالية من الشحنات الحرة ومحدودة بشحنتين متعاكستين هما شحنة الأيونات الموجبة في المنطقة N وشحنة الأيونات السالبة في المنطقة P . فيتولد فيها حقل كهربائي E_0 جهته مـن N إلى P يمنـع هجرة الشحنات عبر الوصلة . وفي النهاية يتشكل فرق في الكمون بين المنطقتين نرمز له بـ V_b .



عند الوصلة بين المادتين فإن الكترونات في المادة **N** تنتقل إلى الفجوات في المادة **P**.

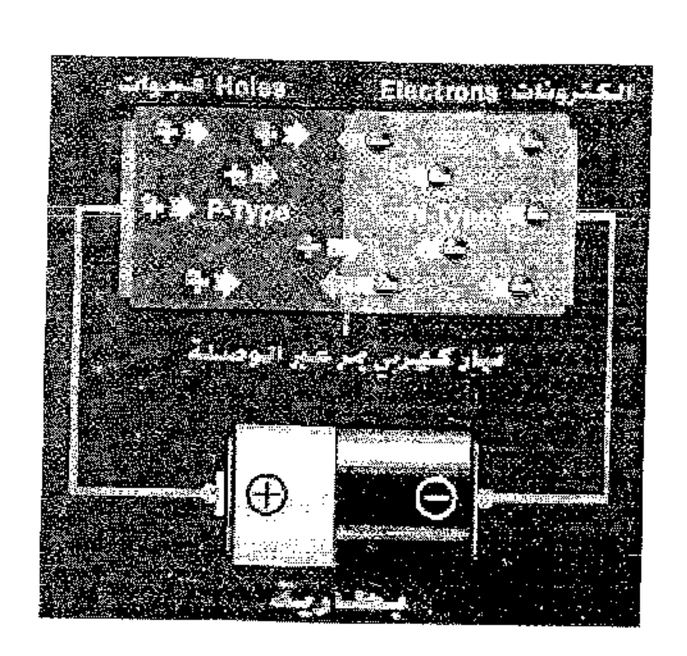
إنّ كل ثنائي مصنوع بهذه الطريقة هو الذي ندعوه الثنائي البلوري ويرمز له في الدارة بالرمز ⊳| حيث يشير رأس السهم إلى المنطقة N .

إنّ آلية النقل الكهربائي في هذا الثنائي تتم على الوجه التالي :

إذا طبقنا على الثنائي توتراً يجعل المنطقة P موجبة بالنسبة للمنطقة N تشكل حقل كهربائي E يعاكس في جهة الحقل E_0 . فإذا كان الكمون المطبق كافيا ليتغلب على فرق الكمون V_b المتشكل بين المنطقتين في حالة التوازن السكوني ، أي إذا كان $V > V_b$ فإنّ أعدادا هائلة من الالكترونات الحرة تجتاز منطقة الاتصال من N إلى P ، وبالمثل فإنّ مثيلها من الثقوب الحرة تجتاز تلك المنطقة من P إلى N فيمر تيار كبير وتكون المقاومة التي يبديها الثنائي في هذه الحالة صغيرة . يقال عن الثنائي الموصول بهذه الكيفية أنه في حالة **تغذية أمامية أو انحياز أمامي** .

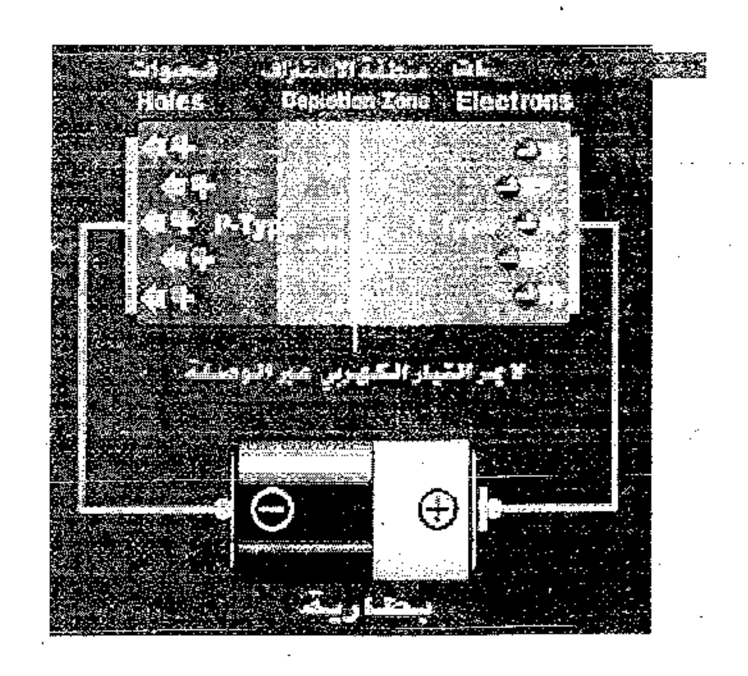
أما إذا كان كمون المنطقة N موجباً بالنسبة لكمون المنطقة P فإنّ الحقل الخارجي المتشكل يؤدي إلى زيادة عرض المنطقة الخالية من الشحنات الحرة كما أنه يزيد من عرض حاجز الكمون ولا يمر في هذه الحالة إلا تيار ضئيل تولده الشحنات الأقلية في المنطقتين .

يقال عن الثنائي الموصول بهذه الكيفية أنّه في حالة **انحياز عكسي** .



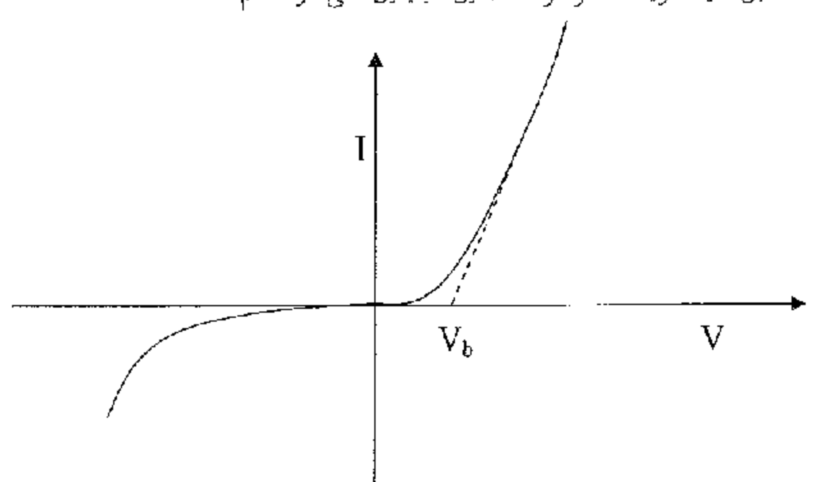
نقوم بتوصيل الالكترود الموصول على المادة **N** بالقطب السالب للبطارية ويوصل الالكترود على المادة **P** بالطرف الموجب للبطارية .





بتوصيل الالكترود على الطرف **N** مع القطب الموجب للبطارية وتوصيل الكترود المادة **P** بالطرف السالب للبطارية.

هذا ويشير الشكل التالي على الخواص المميزة للثنائي في الحالتين السابقتين حيث يبين تغيرات تيار الثنائي I بدلالة التوتر V المطبق عليه ؛ ويلاحظ وجود منطقتين متباينتين على الرسم .



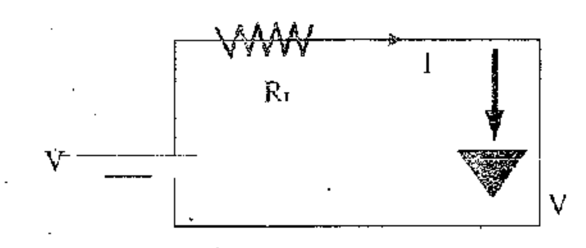
ففي المنطقة حيث $V>0$ يكون انحياز الثنائي أمامياً أو مباشراً ، نلاحظ أنّ التيار لا يمر بقيمة معتبرة إلا بعد تطبيق توتر $V=V_b$ ، لذا يُطلق على الكمون V_b المتشكل بين المنطقتين باسم **الكمون الحاجز** . وبعدها يزداد التيار بشكل كبير . تكون قيمة V مساوية $0.6\ V$ من أجل ثنائي من الجرمانيوم . أما في المنطقة حيث $V<0$ ، فنلاحظ أنّ التيار العكسي صغير جداً (من مرتبة الميكرو أمبير) وهو مستقل عن التوتر المطبق ويشكل ما يسمى **بتيار الإشباع** . الذي تولده حاملات الشحنة المتولدة عن التأين الحراري . إلا إذا وصل التوتر المطبق إلى قيمة كبيرة معينة أصبح الحقل الكهربائي شديداً مما يؤدي إلى كسر الروابط بين الذرات وتحرير الالكترونات فيمر تيار شديد . تدعى هذه الظاهرة بالتصدع أو تصدع زنير .



أما إذا كانت السرعة التي اكتسبتها الشحنات المتحررة كبيرة فإنها تؤدي إلى تأين ذرات أخرى عند اصطدامها بها فيزداد عدد حاملات الشحنة الحرة ويحدث ما نسميه **التصدع الإنهياري** . وفي الحالتين يبقى التوتر ثابتاً عند القيمة التي يبدأ عندها التصدع ويتعلق هذا التوتر بكثافة الشوائب في البلورة .

الثنائي في دارة كهربائية ــ خط الحمولة

لننظر إلى دارة الشكل التالي ونطبق قانون كرشوف على العروة فنجد :



$$V_0 = V + R_L.I \qquad (1)$$

إذا مثلنا هذه المعادلة بيانياً فإنها تشكل مستقيماً يدعى **خط الحمولة** . تعطي نقطة تقاطع هذا المستقيم مع المميزة المباشرة نقطة **عمل الثنائي** ، وهي المعرفة بالاحداثيين (I_f, V_f) ويكون ميل هذا المستقيم $-\frac{1}{R_L}$.

يبدي الثنائي مقاومة ديناميكية يمكن حسابها عند أي توتر مطبق مثل V ، من العلاقة :

$$r_d = \frac{\Delta V_d}{\Delta I_d} \qquad (2)$$

وتحسب القدرة الضائعة في الثنائي عند نقطة العمل السابقة بالعلاقة :

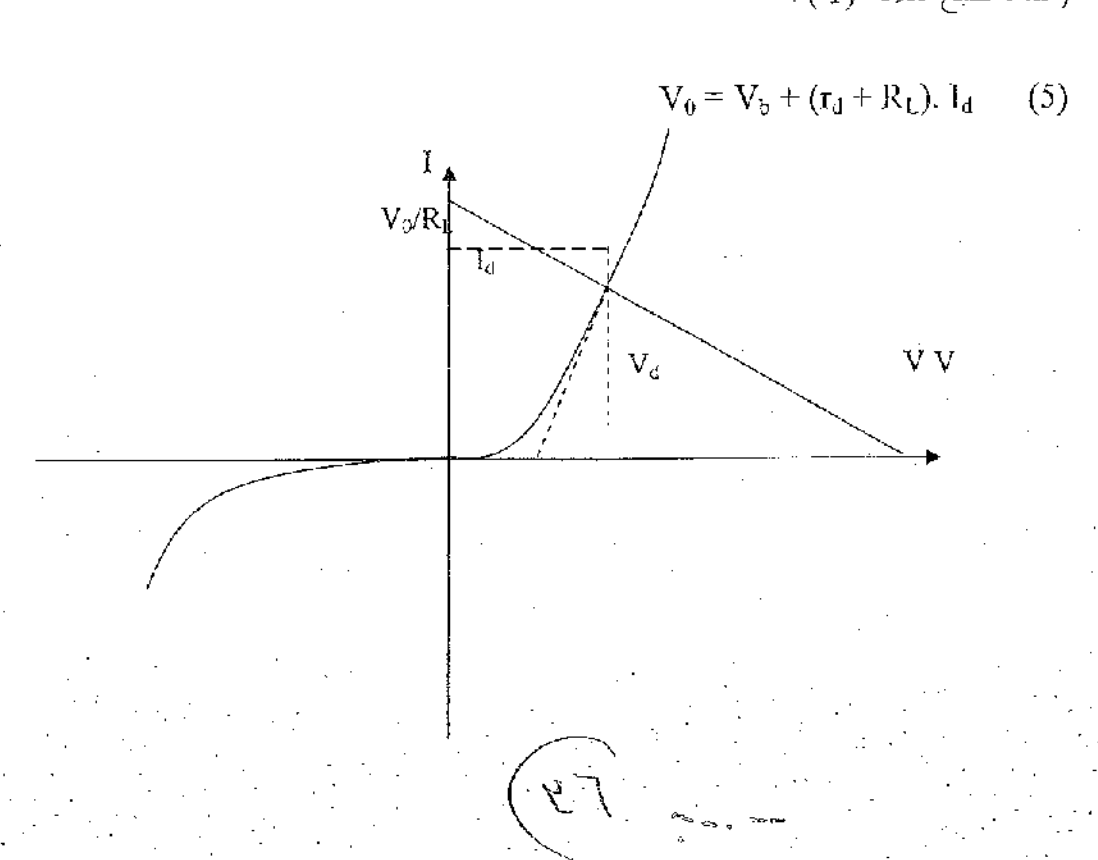
$$P_d = V_d \times I_d \qquad (3)$$

ونظراً لوجود حاجز الكمون V_b فإنّ التوتر V_d الهابط في الثنائي يمكن أن يكتب على الشكل :

$$V_d = V_b + r_d.I_d \qquad (4)$$

وعندها تصبح العلاقة (1) :

$$V_0 = V_b + (r_d + R_L).I_d \qquad (5)$$



هذا وتشير الخواص المميزة للثنائي أنه إذا طبقنا على الثنائي توتراً في الاتجاه الأمامي يزيد عن توتر حاجز الكمون V_b غدا الثنائي ناقلاً وأبدى مقاومة صغيرة .
أما إذا طبقنا عليه توتراً في الاتجاه العكسي أبدى مقاومة كبيرة ومرّ فيه تيار صغير جداً كما لو أنّ الدارة مفتوحة .

مقاومة الحماية

جرت العادة أن نضع في الدارة التي يوجد فيها الثنائي مقاومة R_p على التسلسل مع الثنائي لحمايته في حال غياب مقاومة الحمولة R_L ، وذلك كي لا تصبح الدارة مقصورة فيمر تيار شديد يخرب الثنائي . ونختار هذه المقاومة بحيث تحد من قيمة التيار كي لا يتجاوز قيمة معينة I_{max} . وتعطينا المعادلة (5) قيمة هذه المقاومة R_p عند وجودها :

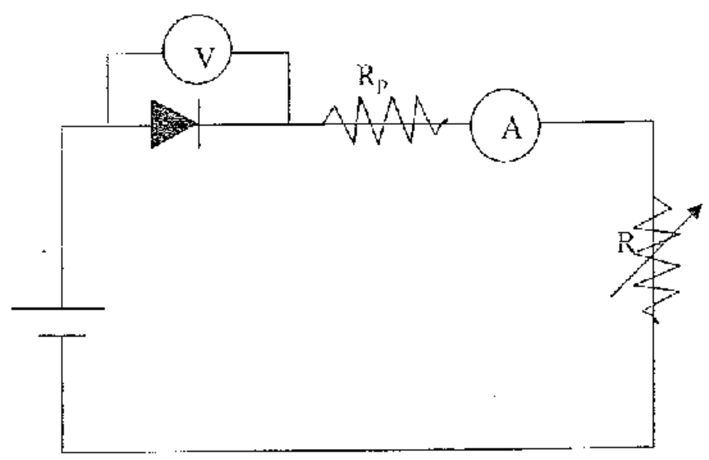
$$r_d + R_p = \frac{V_0 - V_b}{I_{max}}$$

فبمعرفة V_0 و V_b و r_d يمكن معرفة مقاومة الحماية R_p للثنائي المستخدم .

الإجراءات التجريبية

رسم مميزات الثنائي

1 ـــ حقق التركيب المبين في الشكل التالي مستخدماً اللوحة الخاصة بالتجربة .

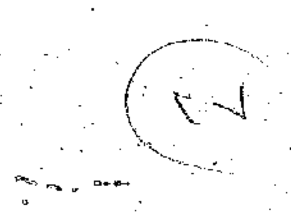


2 ـــ خذ قيما متغيرة للمقاومة R_L (مبتدئاً من قيمة كبيرة ثم خفضها تدريجياً) بحيث تحصل على قيم متزايدة تدريجياً للتوتر V . اقرأ التيار I_d المار في مقياس الملي أمبير والتوتر V_d على مقياس الفولط من أجل كل قيمة من هذه القيم لـ R_L ودوّن النتائج في جدول مناسب .

3 ـــ ارسم المنحني $I_d=f(V_d)$ الذي يمثل تحولات التيار الذي يمر في الثنائي بدلالة فرق الكمون المطبق عليه مستخدماً الورقة الملمترية.

4 ـــ استنتج من المنحني المميز الذي رسمته للثنائي المقادير التالية :

أ ـــ الكمون الحاجز V_b



ب ــ المقاومة الديناميكية r_d من أجل تيار قدره $I_d = 5\ mA$

ج ــ حسب القدرة الضائعة في الثنائي عندما يمر فيه التيار السابق

حساب مقاومة الحماية :

يغذي ثنائي السنري عادةً بتوتر خارج من ثانوية محولة .

1 ــ قس هذا التوتر الذي تعطيه المحولة الموجودة لديك باستخدام مقياس فولط متناوب لتحديد قيمته المنتجة .

2 ــ احسب القيمة العظمى V_0 لهذا التوتر .

3 ــ احسب مقاومة الحماية R_p الواجب وضعها في دارة ثنائي كي لا يتعدى التيار المار قيمته الأعظمية . مستخدماً قيمتي V_b و r_d التي وجدتها في الطلب السابق من أولاً .

التجربة الثامنة

تعيين سرعة الضوء في الهواء

الهدف من التجربة

- القياس النسبي لزمن عبور نبضة ضوئية قصيرة t، باستعمال راسم الإشارة، كتابع لبعد المرآة العاكسة.

- تعيين سرعة الضوء في الهواء من ميل المنحني $s = f(t)$.

- القياس المطلق لزمن عبور نبضة ضوئية قصيرة t باستعمال راسم الإشارة في حالة المسار 2s بتعليم نقطة الصفر عند مرآة مرجعية .

- تعيين سرعة الضوء في الهواء كناتج قسمة طول المسار على زمن العبور .

- معايرة قياس الزمن باستعمال إشارة هزاز ذات تحكم بلَوري .

- القياس المطلق لزمن عبور نبضة ضوئية قصيرة t باستعمال راسم الإشارة في حالة المسار 2s بتعليم نقطة الصفر عند مرآة مرجعية .

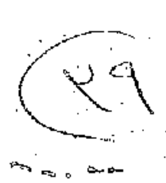
- تعيين سرعة الضوء في الهواء كناتج قسمة طول المسار على زمن العبور المعاير .

مبدأ التجربة

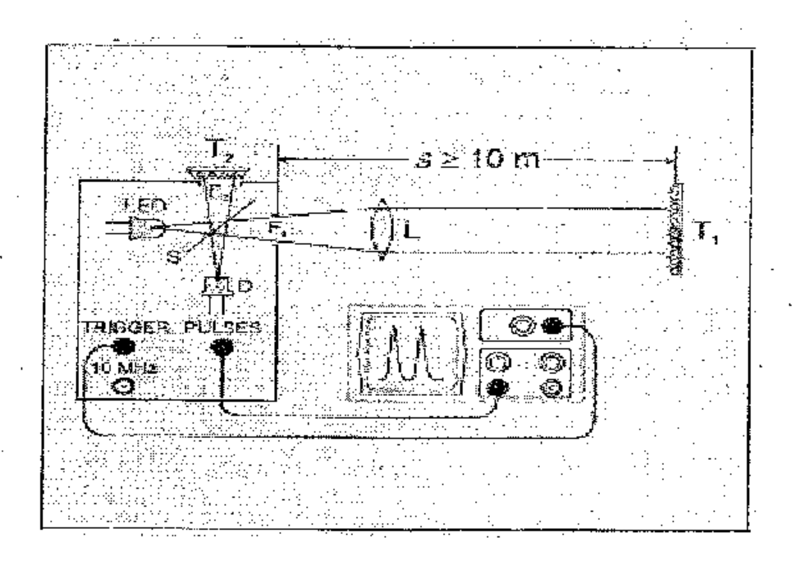
يصدر الجهاز نبضات قصيرة جداً من الضوء الأحمر بعرض يساوي حوالي **20 ns** بواسطة ديود مصدر للضوء **LED** عالي الأداء . تتحول النبضات الضوئية بعد قطع مسافة معلومة جيئة وذهاباً إلى نبضة كمونية تظهر على راسم الإشارة .

مسار الضوء : يوجه المنبع الضوئي ، وهو ديود مصدر لضوء ساطع أحمر طول موجته **615 nm** ، من خلال النافذة F_1 للجهاز ، نحو اللانهاية بواسطة العدسة L . وتعكس المرآة الكبيرة T_1 حزمة الضوء على نفسها فينطبق الخيال الذي تشكله المرآة للمنبع على المنبع (أنظر الشكل 1) .

يعكس قاسم الحزمة S في الجهاز الحزمة الراجعة من المرآة T_1 نحو الأسفل إلى الفوتوديود D . كما يعكس في



الوقت نفسه نصف الضوء الوارد من المنبع نحو الأعلى فيمر من النافذة F_2 بحيث يكافئ مسار الحزمة الصاعد المسار الأفقي وتولد المرآة الصغيرة T_2 الموجودة فوق F_2 نبضة مرجعية ذات تأخر زمني مهمل لاتأثير لـه على حزمة القياس .



الشكل 1 مخطط يظهر مبدأ قياس سرعة الضوء باستعمال نبضات ضوئية قصيرة .

طريقة القياس

إن مسافة مقدارها 10 m تقابل زمن انتقال للنبضة الضوئية مقداره 60 ns جيئة وذهاباً . ويكون عرض النبضة 20 ns ملائماً لزمن العبور . ويسمح التصميم الخاص للجهاز باستعمال راسم إشارة بسيط نسبياً .

تصدر النبضات الضوئية بتواتر 40kHZ . وهذا يضمن لمعان كاف للإشارة على شاشة راسم الإشارة حتى في حالة سرعة انحراف عظمى لراسم الإشارة .

وفي اللحظة التي تسبق إصدار النبضة الضوئية في الجهاز تصدر إشارة قدح تقوم بقدح خارجي لراسم الإشارة . فتظهر نبضة جهد كاملة على شاشة راسم الإشارة حتى في حالة زمن انتقال مهمل للنبضة الضوئية . وهذا يقابل وضع المرآة عند أقرب نقطة أمام الفتحة F_1 أو فوق F_2 . لذلك لاحاجة لاستعمال راسم إشارة له خط تأخير مدمج .

عندما نزيد المسافة بين المرآة الكبيرة والنافذة F_1 تتزاح إشارة النبضة على الراسم نحو اليمين تجاوباً مع زمن انتقال أطول . ونستطيع حساب سرعة الضوء بتقسيم تغير المسافة على تغير زمن العبور . وعند استعمال النبضة المرجعية الناتجة من المرآة الصغيرة يمكن تعيين زمن العبور الكلي على راسم الإشارة بشكل مطلق ، ونحسب عندها السرعة بتقسيم المسافة على زمن العبور .



ولمعايرة القياس الزمني يمكن إظهار إشارة هزاز ذي تحكم بلوري بصورة آنية على راسم الإشـــارة . وبما أننا نستطيع إزاحة إشارة الهزاز بأكثر من دور واحد بالنسبة إلى قياس النبضة . تكـــون حافتـــها ملائمـــة للاستعمال كعلامة للقياس . وفي هذه الحالة يكون قياس الزمن مستقل عن قاعدة الزمن في راسم الإشارة .

الأجهزة والأدوات

- وحدة مآخذ 230 V/12 V AC –عدسة مع حاملها f = 200 mm

- – جسر ضوئي ذو مقطع قياسي – راسم إشارة ذو قناتين –دارة الباعث والمستقبل–العاكس

إعداد التجربة : يوضح الشكل 2 ترتيب التجربة

الترتيبات الميكانيكية والضوئية

- ضع الجسر الضوئي على الطاولة واربط الجهاز على الجسر الضوئي بحيث تواجه الفتحة F_1 العدسة . كما في الشكل 2 .

- اربط العدسة على الجسر الضوئي بحيث تبعد عن الجهاز مسافة 20 cm ويكون ارتفاع مركزهـــا مساوياً ارتفاع النافذة F_2 نفسه .

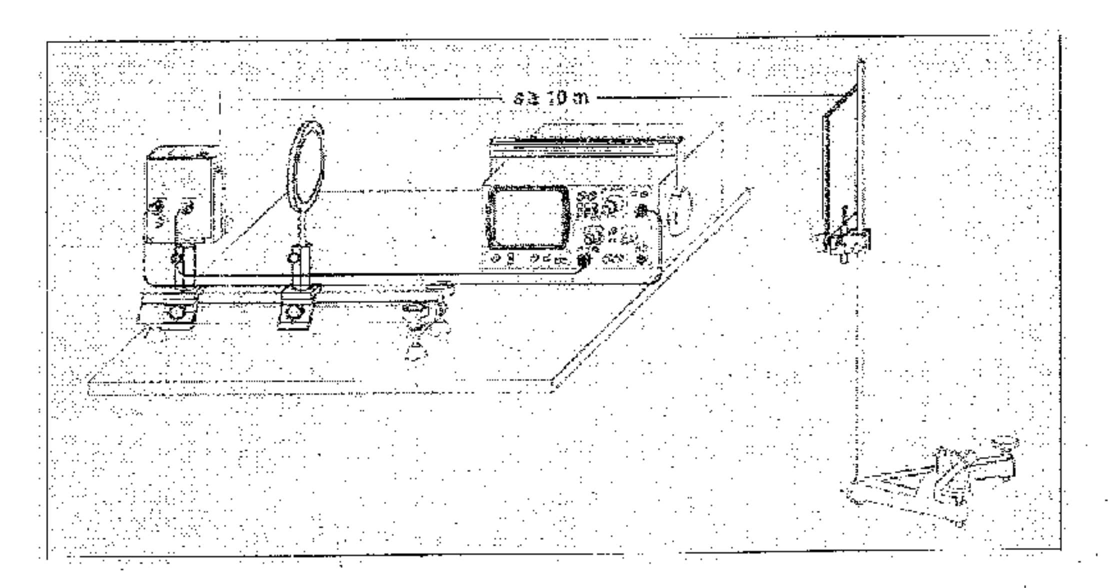
- ضع المرآة الكبيرة على حاملها (أنظر الشكل 2) وأبعدها عدة أمتار عن الجهاز بحيث يقع منتـــصف المرآة على المحور الضوئي ويكون سطحها معامداً لهذا المحور ،

- شغل الجهاز بوصله إلى وحدة المآخذ

عندما ننظر من فوق الجهاز عبر العدسة إلى المرآة الكبيرة ولا نجدها حمراء اللون أو أنها حمراء الحواف فقط ،

عدّل اتجاه الحزمة بتعديل بزالات الجسر الضوئي ، وغير ارتفاع العدسة عند الضرورة ، بحيـــث تـــضرب الحزمة المرآة في مركزها .





الشكل 2 ترتيب تجربة قياس سرعة الضوء

وصل راسم الإشارة

- صل مخرج النبضة مع القناة الأولى في راسم الإشارة ومخرج القدح مع مدخل القدح الخارجي مستعملاً الكيبلات **BNC**

- باستعمال إعدادات راسم الإشارة من الجدول 1 أوجد نبضة جهد .

- ضع المرآة الكبيرة عند أبعد مسافة ممكنة وابحث عن أفضل سعة للنبضة بالتغيير الطفيف للترتيبات الضوئية وخاصة تحريك العدسة على الجسر الضوئي .

- حول التكبير الأفقي في راسم الإشارة إلى القيمة **10x** .

Operating mode:	channel I only
Channel I:	DC, 5–100 mV/cm
Zero line:	bottom edge of screen
Triggering:	external, AC, + (rising edge)
Triggerlevel:	automatic
Time-base sweep:	0,2 µs/cm, cal.
X-magnification:	1x
Intensity:	maximum

الجدول 1 : إعدادات راسم الإشارة

تنفيذ التجربة

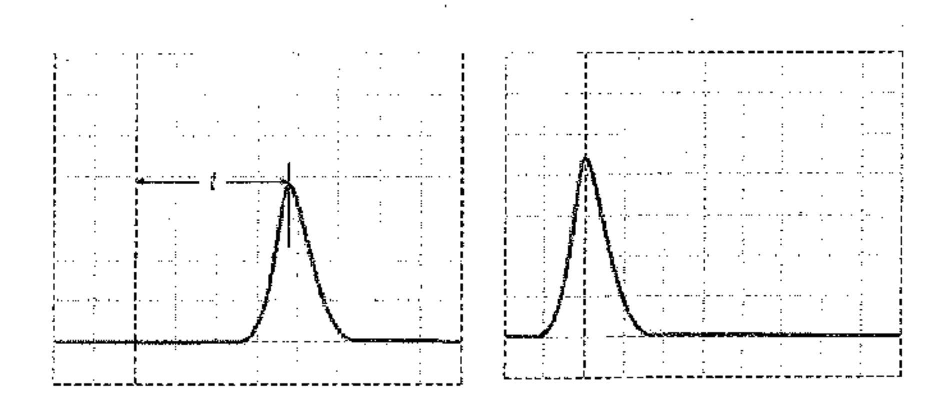
أولاً – قياس زمن العبور كتابع لموضع المرآة .

– ضع المرآة الكبيرة بالقرب من الجسر الضوئي وعلّم موضعها .

– أزح قمة نبضة الجهد إلى الخط الشاقولي الأيسر من شبكة الشاشة في راسم الإشارة بواسطة مفتاح الموضع -X (أنظر الشكل 3 الجزء الأيمن) .

– حرك المرآة الكبيرة وفق مسار الحزمة ، قس تغير المسافة s وسجل هذه القيمة في دفترك .

– اقرأ الانزياح في الزمن t لنبضة الجهد من راسم الإشارة (أنظر الشكل 3 الجزء الأيسر) وسجل هذه القيمة في دفترك



الشكل 3 القياس النسبي لزمن العبور t للنبضة الضوئية

– كرر قياساتك من أجل انزياحات أخرى في المسافة s .

نظم جدولاً لتغيرات المسافة بدلالة الزمن وارسم الخط البياني $S = f(t)$ واستنتج سرعة الضوء منه.

ثانياً – قياس وقت العبور بمساعدة مرآة مرجعية

– ادفع التجهيزات نحو الحافة اليسرى للطاولة وانظر نحو الأسفل وفق الحافة الشاقولية للجهاز وعلم ذلك الموضع على أرض الغرفة (أنظر الشكل 4) .

– ضع المرآة الصغيرة أمام النافذة F_1 وأزح قمة نبضة الجهد إلى الخط الشاقولي الأيسر من الشبكة على شاشة الراسم بتحريك مفتاح الموضع -X .

– ضع بعد ذلك المرآة الصغيرة فوق النافذة F_2 وتأكد أن موضع النبضة المرجعية على الراسم لم يتغير (مسارين ضوئيين متساويين) .

- ضع المرآة الكبيرة في المسار الضوئي وعند مسافة لا تقل عن عشرة أمتار بحيث تظهر النبضة على شاشة الراسم كإشارة ثانية على بعد مسافة واضحة من النبضة المرجعية .

- بالتحريك الحذر للمرآة الصغيرة على فتحة النافذة عدل الإشارتين لتصبح لهما السعة نفسها .

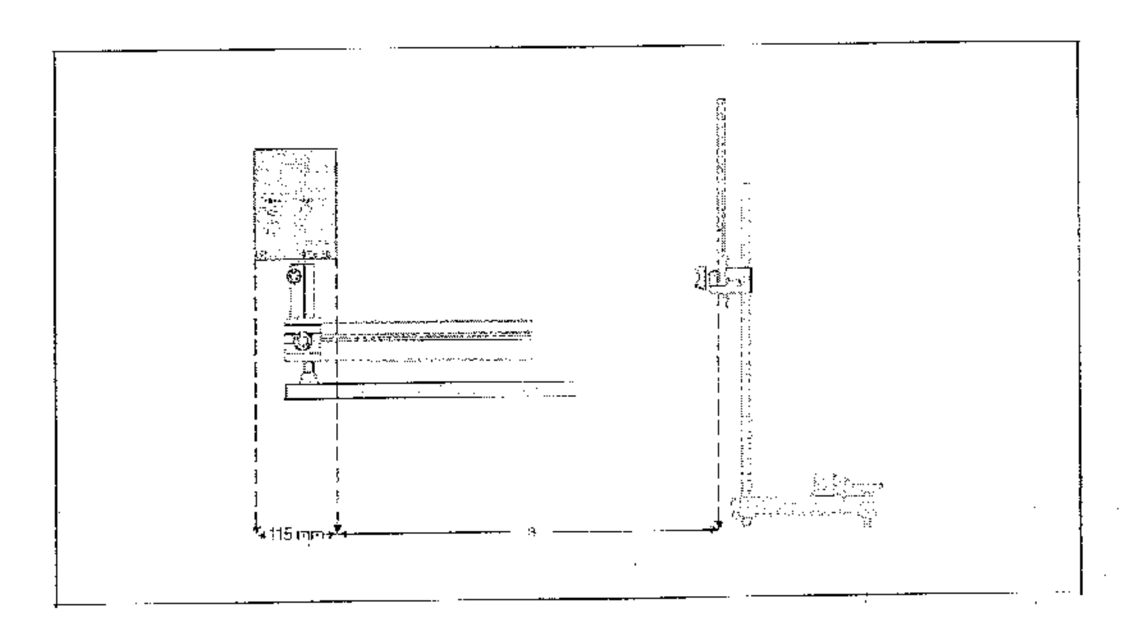
- أزح الحافة الصاعدة للنبضة المرجعية لتقطع خط المركز الذي يتقاطع مع خط الشبكة الشاقولي (أنظر الشكل 5)

- اقرأ زمن العبور t عند تقاطع النبضة الثانية مع خط المركز (أنظر الشكل 5) وسجل هذه القيمة في دفترك.

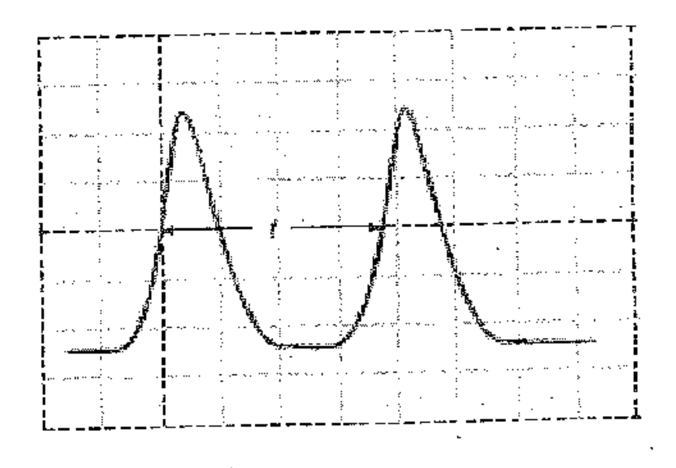
لاحظ أن الفترة الزمنية بين النبضة المرجعية والنبضة المقاسة تتفق مع المسافة بين الحافتين الصاعدتين على الراسم عندما يكون للنبضتين السعة نفسها وتكون المسافة أكبر بكثير من عرض النبضة .

- ضع علامة على أرض الغرفة تقابل موضع المرآة الكبيرة وقس المسافة s بين موضع المرآة الكبيرة وموضع النافذة F_1 وسجل هذه القيمة في دفترك .

- احسب من هاتين القيمتين S و t سرعة الضوء



الشكل 4 قياس المسافة s بين النافذة F_1 والمرآة الكبيرة .



الشكل 5 القياس المطلق لزمن عبور النبضة الضوئية

ثالثاً – قياس زمن العبور مع معايرة قاعدة الزمن :

– ضع المرآة الصغيرة فوق F_2 والمرآة الكبيرة في مسار الحزمة وعلى بعد **15 m** تقريباً بحيث ترى نبضتين على شاشة الراسم .

– اجعل المسافة بين إشارتي النبضتين أعظم ما يمكن على شاشة الراسم بتغيير سرعة مسح قاعدة الزمن .

– حرك المرآة الصغيرة فوق F_2 بحذر حتى يكون للإشارتين السعة نفسها .

– صل مخرج التردد **10 MHz** من الجهاز إلى قناة الراسم الثانية مستعملاً كبل **BNC** ،

– اختر النمط ثنائي القناة (المفتاح **dual**) وفعّل قناة الراسم الثانية **AC**، (**0.1 V/cm**) ، بحيث تظهر النبضات المقاسة وإشارة الهزاز معاً في اللحظة نفسها .

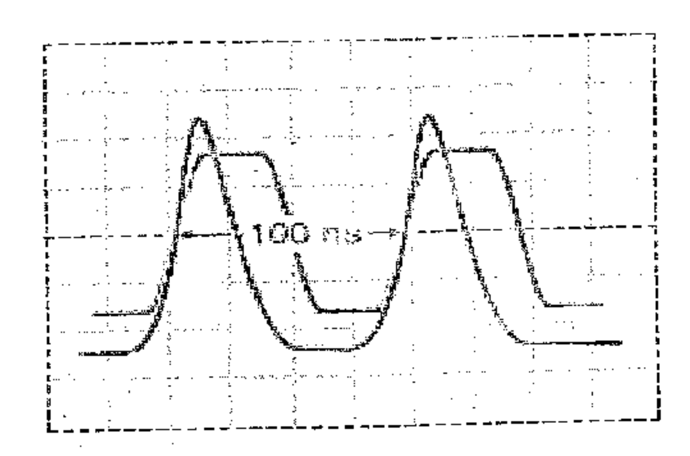
– أزح مستعملاً معدل الطور في الجهاز إشارة التردد **10 MHZ** بحيث تنطبق الحافة الصاعدة لنبضة الجهد الأولى على الحافة الصاعدة لإشارة التردد **10 MHz** (أنظر الشكل **6**) .

– عدل بعد المرآة الكبيرة بحيث تنطبق الحافة الصاعدة لنبضة الجهد الثانية على الحافة الصاعدة التالية لإشارة التردد **10 MHZ** (أنظر الشكل **6**) .

– في حالة الضرورة عدّل الترتيبات الضوئية أو غير في المرايا حتى يكون لنبضتي الجهد من المرآتين السعة نفسها ، ثم عدل مواضع الحواف الصاعدة .

– حدد موضعي الجهاز والمرآة الكبيرة على أرض المختبر، وقس المسافة **s** وسجل هذه القيمة في دفترك (أنظر الشكل **4**)

- احسب سرعة الضوء من قيمة s وزمن النبضة المرجعية



الشكل 6 القياس المطلق لزمن عبور النبضة الضوئية مع معايرة لقاعدة الزمن



التجربة التاسعة

قانون مالوس

المواضيع المرتبطة :

النظرية الكهرطيسية للضوء , الاستقطاب , المقطب , المحلل , قانون بروستر , قانون مالوس

مبدأ التجربة :

يمر ضوء مستقطب خطياً عبر مرشح استقطاب , تعين شدة الضوء المار من المرشح كتابع للزاوية التي يصنعها محور المرشح مع مستوي استقطاب الضوء الوارد .

الأجهزة الأدوات المستعملة :

– ليزر هليوم – نيون 1.0 mW , 220 V AC عدد1 – جسر ضوئي 60 cm
عدد1

– قاعدة قابلة للتعديل عدد2 – حامل منزلق
عدد3

– مرشح استقطاب مع مقياس زوايا عدد1 – عنصر ضوئي
عدد1

– مقياس رقمي متعدد عدد1

أهداف التجربة :

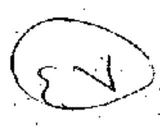
1 تحديد مستوي الاستقطاب للحزمة الليزرية .

2– تحديد شدة الضوء المار من مرشح الاستقطاب كتابع للموضع الزاوي للمرشح .

3 - التحقق من صحة قانون مالوس .

الإعداد وأسلوب العمل :

– ترتب الأجهزة وفقاً للشكل (1) .

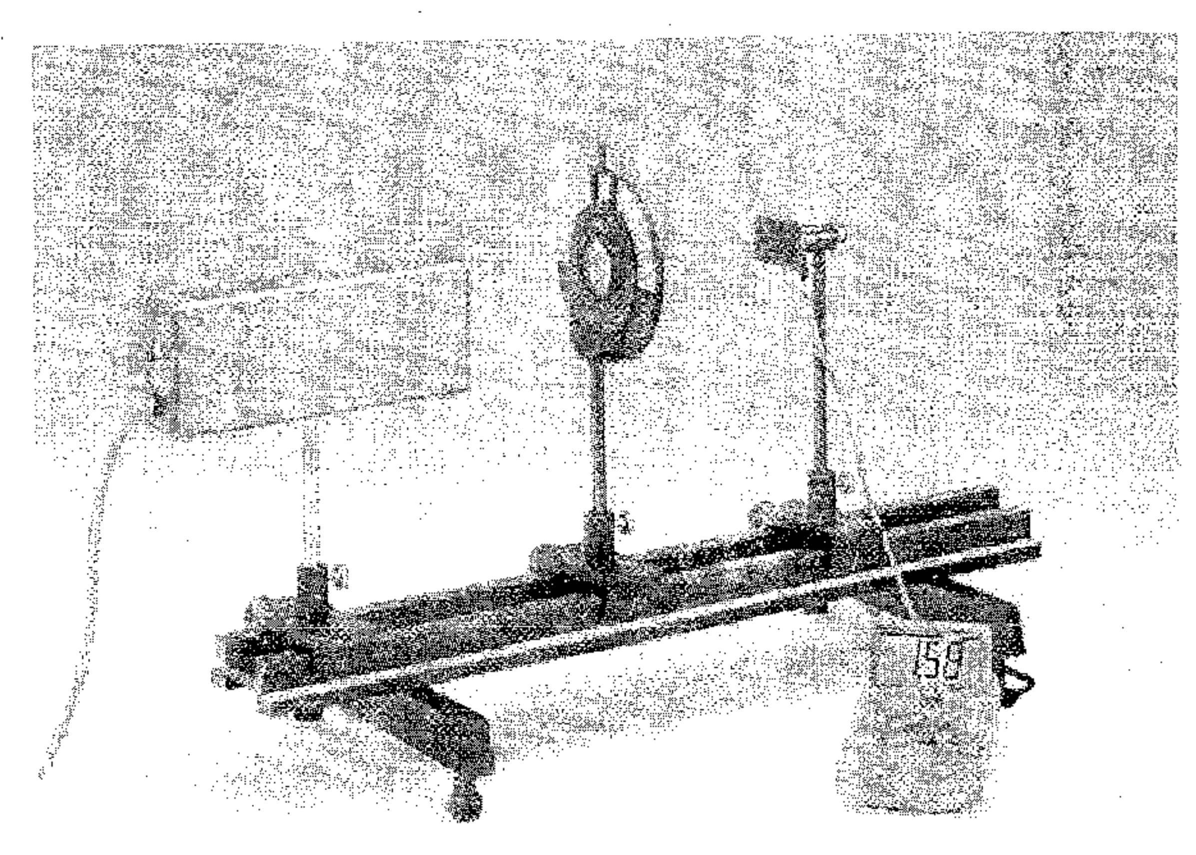


- يجب التأكد من تسليط الحزمة الليزرية على كامل الخلية الضوئية بعد مرورها عبر المرشح .

- إذا تم إجراء التجربة في غرفة غير مظلمة يجب أخذ تيار الإشعاع الخلفي i_0 في الحسبان عند التقويم ويتعين بإغلاق الليزر وقراءة التيار .

- يجب تشغيل الليزر مدة 30 دقيقة لتحميته قبل بدء التجربة تجنباً لانحرافات شدة الحزمة غير المرغوبة

- يدار مرشح الاستقطاب بخطوة تساوي 5^0 بين موضعي المرشح $\pm 90^0$ ويعين تيار الخلية الضوئية المقابل لكل موضع مستعملين أكثر مجالات التيار حساسية في المقياس الرقمي المتعدد .



الشكل (1) ترتيب الأجهزة في تجربة قانون مالوس .

النظرية والتقويم :

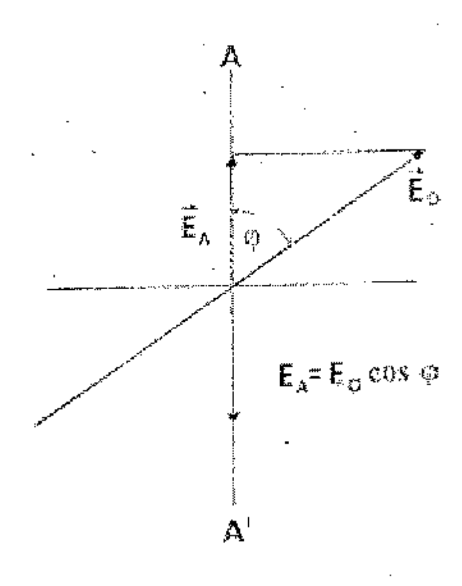
ليكن AA' محور المحلل في الشكل (2) فإذا كانت الزاوية φ بين الحقل الكهربائي للموجة الليزرية المستقطبة ومحور المحلل فستمر المركبة

$$E_A = E_o \cos \varphi \qquad (1)$$

من المحلل . وبما أن شدة الموجة الضوئية I تتناسب مع مربع سعة الحقل الكهربائي E تكون هذه الشدة مساوية

$$I_A = I_0 \cos^2 \varphi \qquad (2)$$

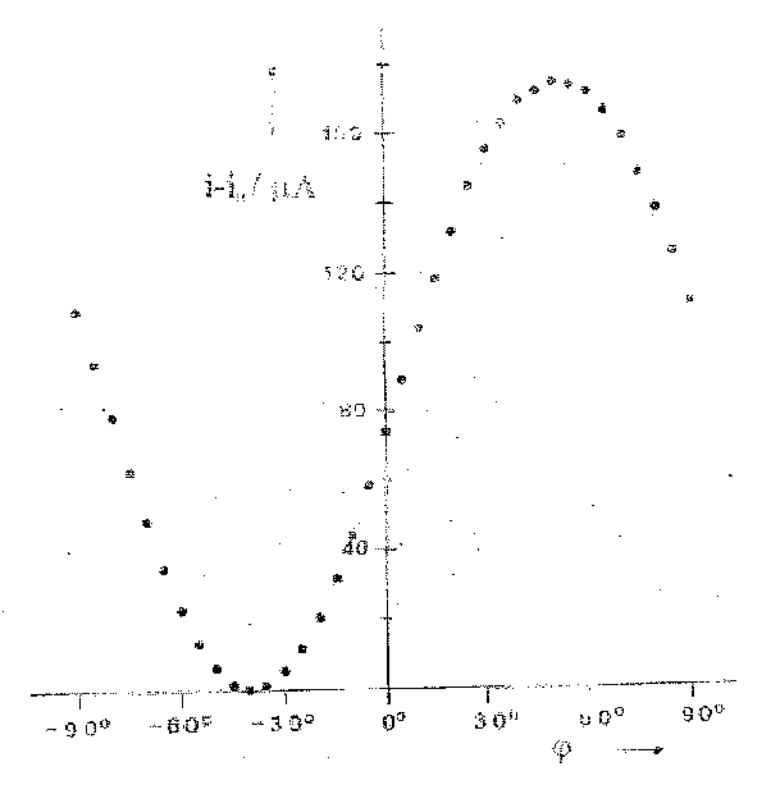
وهو ما يعرف بقانون مالوس .



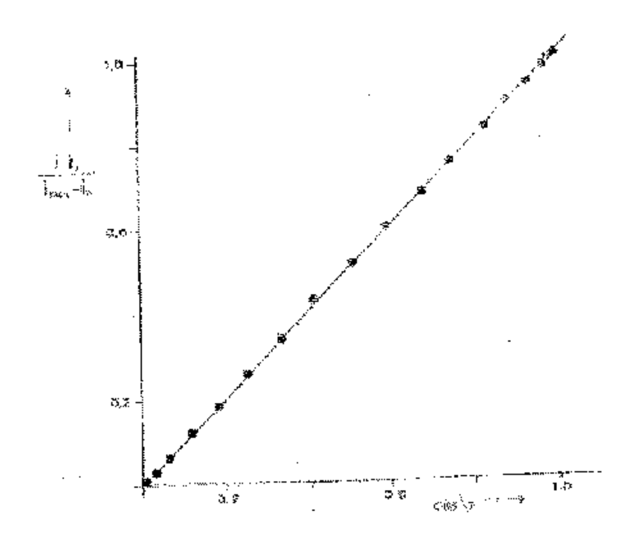
الشكل (2) رسم هندسي لتعيين شدة الضوء المارة من المحلل .

يبين الشكل (3) تيار الخلية الضوئية بعد تصحيح الخلفية (ويمثل قياس شدة الضوء المار من المحلل) كتابع للموضع الزاوي لمحور المحلل . وتشير النهاية العظمى للشدة عند الزاوية $\varphi = 50^0$ إلى أن مستوي استقطاب الحزمة الليزرية قد دار نتيجة مروره بالمحلل وصنع مع الشاقول زاوية مقدارها 50^0 .





الشكل (3) تيار الخلية الضوئية المصحح كتابع للموضع الزاوي φ لمحور المحلل .



الشكل (4) تيار الخلية المنظم كتابع ل $\cos^2 \varphi$.

يبين الشكل (4) تيار الخلية الضوئية المصحح والمنظم كتابع للموضع الزاوي لمحور المحلل . ويؤكد المستقيم المار من المبدأ بميل يساوي الواحد صحة قانون مالوس (لتعيين مستقيم مالوس في الشكل (4) يجب اعتبار الزاوية 50 لمحور المحلل مقابلة للزاوية $\varphi = 0$) .

التجربة العاشرة

١٠ - أنبوب كوينكه

ادوات التجربة :

هزازة كهربائية - سماعة - انبوب كوينكه - مقياس ميلي فولط متناوب - لاقط صوتي (ميكروفون) .

٢ - غرض التجربة :

دراسة ظاهرة التداخل في الصوت - تعيين سرعـــة الصوت في الهواء بطريقة التداخل .

٣ - الدرس النظري :

يمكن قياس سرعة الصوت في الهواء بطرق مختلفة منها :

آ - الطريقة المباشرة : استنادا الى قانون الحركة المستقيمة المنتظمة

$$\text{السرعة} = \frac{\text{المسافة المقطوعة}}{\text{الزمن اللازم}}$$

ب - الطريقة غير المباشرة : استناداً الى قانون انتشار قانون الحركات الموجية .

$$u = \lambda \nu \qquad (١)$$

حيث u هي سرعة الانتشار و λ طول الموجة و ν التواتر .

ان سرعة انتشار الصوت في وسط ماتتعلق بطبيعة هذا الوسط وحـالته الفيزيائية ولا تتعلق بتواتر الصوت المنتشر أي أن جميع الاصوات تنتشر في وسط معين بالسرعة نفسها وتدل الدراسة النظرية على أن سرعة انتشار الصوت في غاز مثالي تعطي بالعلاقة .

$$u = \sqrt{\frac{\gamma R T}{\mu}} \qquad (٢)$$

حيث γ : نسبة السعتين الحراريتين للغاز .

R : الثابت العام للغازات .

T : درجة الحرارة الترموديناميكية .

μ : الكتلة المولية للغاز .

فإذا عوضنا بالنسبة للهواء $\gamma = 1,4$ (غاز ثنائي الذرة) نجد في الدرجة $T = 273,15\ k$ أي مايعادل $0°C$.

$$u_0 \simeq 331\ m\ s^{-1}$$

ان هذه القيمة المحسوبة نظرياً استناداً الى قوانين الغازات المثالية قريبـة جداً من القيمة الحقيقية الناتجة عن التجربة واذا استخدمنا الرمز (t) للدلالة على درجة الحزارة بدرجات سلزيوس يمكن ان نكتب $T = t + 273$: وعندئـذ تكتب العلاقة (٢) على الشكل :

$$u \simeq u_0 \sqrt{1 + t/273} \qquad (٣)$$

د – انبوب كوينكه : يتألف (شكل ٢) من انبوبين بشكل (U) متداخلين أي أن شعبتي أحد الانبوبين تنزلقان داخل شعبتي الانبوب الآخر وتوجد في الانبوب (U) الثابت فتحتان متقابلتان .

إذا دخل اهتزاز صوتي الى انبوب كوينكه من احدى الفتحتين فإنه ينقسم باتجاهين والشدتان المتنقلتان في فرعي الانبوب تلتقيان عند الفتحة الثانية واستناداً الى قوانين تداخل الحركات الاهتزازية يكون التداخل بناء وتكون شدة الإهتزاز عظمى اذا كان فرق المسير بين الطريقين عدداً صحيحاً من اطوال الموجة ويكون التداخل هداماً وتكون شدة الاهتزاز صغرى أو معدومة اذا كان فرق المسير بين الطريقين عدداً فردياً من انصاف طول الموجة ونعبر عن ذلك رياضياً بقولنا :

تداخل بناء :

$$\Delta = n\lambda \qquad (٥)$$

تداخل هدام

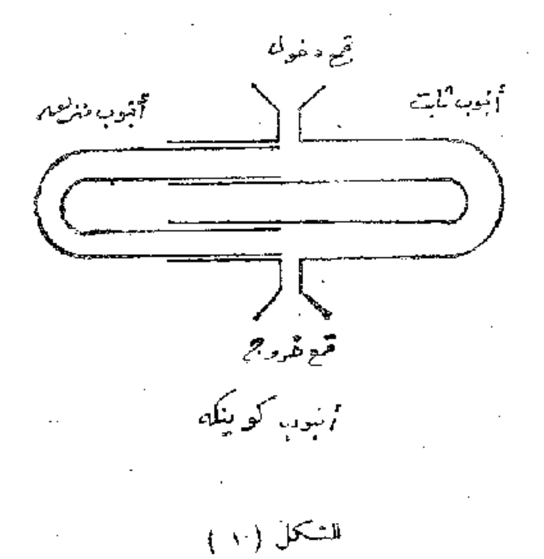
$$\Delta = (2n+1)\lambda/2 \qquad (٦)$$

حيث ترمز Δ لفرق المسير أي الفرق بين طولي الطريقين من المنبع الى نقطة الالتقاء و λ طول موجة الصوت و n صفر أو عدد صحيح .

٥ - الاجراء التجريبي :

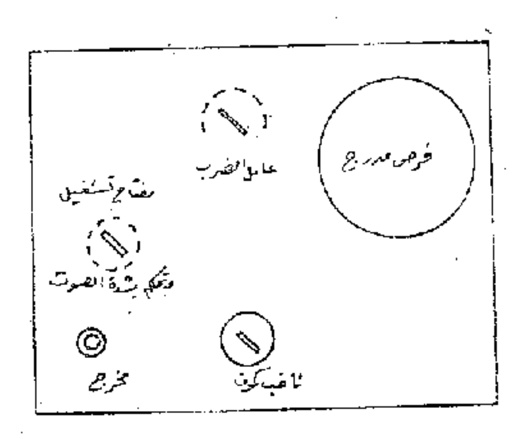
آ – صل السماعة الى مخرج الهزازة الكهربائية وضعها ملاصقة للقمع الموجود لدى احدى فتحتي انبوب كوينكه .

٥٦



أنبوب كوينكه

الشكل (١)



واجهة هزازة كهربائية

الشكل (٢)

ب - اختر تواتراً على الهزازة مستعيناً بالقرص المدرج وعامل الضرب .

ج - صل الهزازة إلى مأخذ التيار الكهربائي على طاولة التجربة . أغلق دارة الهزازة بواسطة قاطع (مفتاح) التشغيل الموجود في واجهتها .

د - ضع القمع الموجود في نهاية الانبوب البلاستيكي الموصول إلى فتحة الخروج من أنبوب كوينكة عند اذنك .

هـ - تحكم في شدة الصوت باستخدام ناخب المكون والمقاومة المتغيرة بحيث تكون شدة الصوت معتدلة عند الصاق القمع وبحيث لايكون الصوت مسموعاً إذا أبعدت القمع عن اذنك مسافة ١٠ إلى ٢٠ سم .

و - إبدأ بزلق الانبوب المتحرك نحو الخارج وتأكد من وجود نهايات صغرى ونهايات عظمى لشدة الصوت المسموع

ز - حدد بواسطة مسطرة ملمترية موقعي نهايتين صغريين متتاليتين .

ح - اعد الاجراء باستخدام تواترات اخرى .

ملاحظة :

بدلا من السمع يمكن تحديد مواقع النهايات العظمى والصغرى بوضع قمع الخروج ملاصقاً للاقط الصوتي الموصول الى مقياس الميلي فولط .

٦ - النتائج :

استناداً الى العلاقة (٦) نجد أننا اذا انتقلنا من النهاية الصغرى الأولى

(حيث فرق المسير هو $\frac{\lambda}{2}$) الى النهاية الصغرى الثانية (حيث فرق المسير هو $\frac{3\lambda}{2}$) نجد :

$$\Delta_2 - \Delta_1 = \lambda$$

وذلك لاننا عوضنا $n = 0$ في الحالة الاولى و $n = 1$ في الحالة الثانية وتكون الزيادة في طول كل من شعبتي الانبوب المنزلق هي $\lambda/2$ اي ان المسافة بين موقعي نهايتين صغريين متتاليين على احدى شعبتي الأنبوب المنزلق هي نصف طول الموجة ، ان تعيين طول الموجة يسمح بحساب سرعة الصوت بالطريقة غير المباشرة استناداً الى العلاقة (١)

نظم نتائجك في الجدول التالي :

التواتر ν	مواقع النهايات الصغري: الأولى	الثانية	$\frac{\lambda}{2}$ (m)	λ (m)	u (ms^{-1})

عين القيمة الوسطية لسرعة الصوت المقيسة وقـــارن مع القيمة النظرية المستخرجة من العلاقة (٤) .

ناقش ارتيابات الإجراء التجريبي

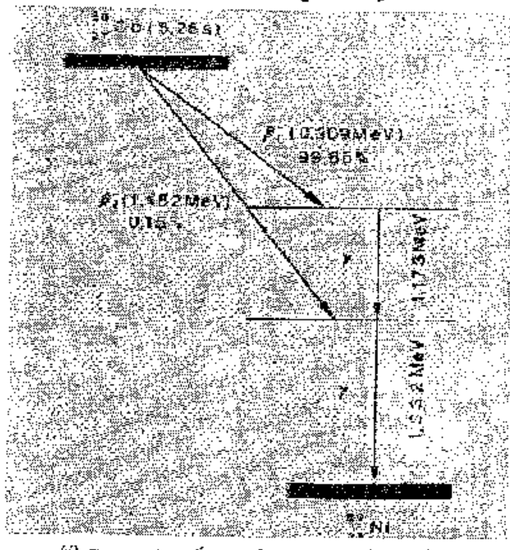
التجربة الحادية عشرة

قانون التربيع العكسي

الغرض من التجربة: التحقق من خضوع أشعة غاما لقانون التربيع العكسي أي التحقق من تناقص الشدة الاشعاعية عكساً مع مربع البعد عن المنبع .

الأجهزة المستعملة: أنبوبة جايجر – عاكس نبضات – عدادة(مؤقتة) – مولد توتر عالي – مسطرة قياس أبعاد – اسطوانة رصاصية مثقوبة – منبع لأشعة غاما ($^{60}_{27}Co$ أو $^{226}_{88}Ra$)

المبدأ النظري: يمتلك عنصر الكوبالت المشع $^{60}_{27}Co$ دوراً (نصف عمر) قدره: 5.26 y , ويتفكك مصدراً أشعة β متحولاً إلى عنصر النيكل $^{60}_{28}Ni$ المستقر كما في الشكل (1) , وكما هو حال جميع العناصر المصدرة لأشعة β يقود التفكك إلى نواة في حالة مثارة تتحول إلى حالتها الأساسية بإصدار فوتونات أشعة غاما ذات طاقات متجانسة تنتج طيفاً ذا خطين منفصلين واضحين كما في الشكل (1) .



الشكل (1) مخطط تفكك الكوبالت $^{60}_{27}Co$

إن الأشعة الضوئية وأشعة غاما من طبيعة واحدة فكلاهما إشعاع كهرطيسي مكمم (فوتونات) يخضع للعلاقة $E = h\nu$ حيث E هي طاقة الفوتون و ν تواتر الاشعاع و h ثابت بلانك . فلو وضعنا منبعاً ضوئياً نقطياً في مركز كرة بلاستيكية شفافة متجانسة وكان المنبع يصدر فوتونات بمعدل N فوتون بالثانية الواحدة , فمن السهل قياس الكثافة السطحية للفوتونات أي قياس عدد الفوتونات التي تسقط في كل ثانية على المتر المربع من سطح الكرة , وتعطى بالعلاقة $I = \frac{N}{S}$ حيث S هي مساحة الكرة وتساوي $4\pi r^2$ حيث r هو نصف قطر الكرة وبالتالي $I_R = \frac{N}{4\pi r^2}$ وبما أن N و 4π ثوابت فإن I_r تتغير متناسبة مع $\frac{1}{r^2}$ ويراد من هذه التجربة التثبت من هذه العلاقة .

الطريقة: 1– قس المتوسط الحسابي N_0 لمعدل العد الطبيعي في الدقيقة الواحدة (بدون منبع مشع) /متوسط ثلاثة قياسات على الأقل/

2– ضع المنبع المشع داخل الاسطوانة الرصاصية ثم ضع الاسطوانة بحيث يكون ثقبها على بعد



1 cm من نافذة أنبوبة جايجر .

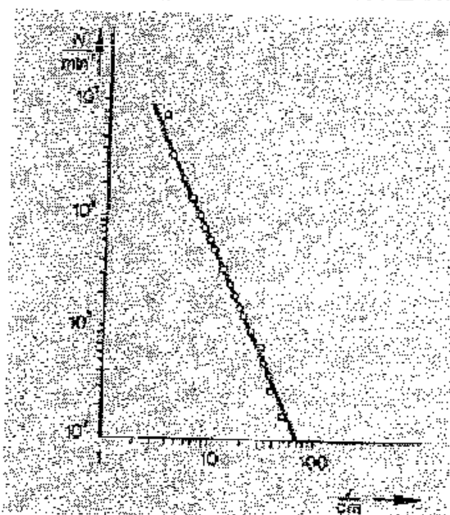
3- استعمل زمن تعداد يكفي للحصول على 2000 عدة تقريباً .

4- أبعد الاسطوانة ليصبح ثقبها على بعد 2 cm من نافذة أنبوبة جايجر وكرر قياس التعداد لمدة زمنية مناسبة مثل التي حددتها في الخطوة السابقة . ثم كرر العمل من أجل عشر مسافات متزايدة ورتب القياسات كما في الجدول أدناه . لاحظ أنه من أجل المسافات الأكبر لابد من تعديل الزمن للحفاظ على الدقة الإحصائية ذاتها , كما يجب الأخذ في الحسبان بعد المنبع عن الثقب (نصف قطر الاسطوانة الرصاصية R) وكذلك بعد نافذة أنبوبة جايجر عن مركز الأنبوبة (حوالي d=2 cm) عند حساب البعد الفعلي للمنبع المشع عن أنبوبة جايجر .

المسافةالمقيسة r'(cm)	التعداد (عدة في الدقيقة) N_s	التعداد الصحيح $N=N_s-N_0$	البعد الصحيح $r(cm)=r'+R+d$
1			
2			
10			

5- أرسم على ورق لوغاريتمي الخط البياني للتعداد الصحيح N بدلالة البعد r واستنتج منه قيمة b في العلاقة : $N = ar^b \Rightarrow \ln N = A + b\ln r$ كما في المثال التالي :

بحساب ميل المستقيم نجد : $b = -2.07 \pm 0.01$ وهذا يثبت تحقق قانون التربيع العكسي .



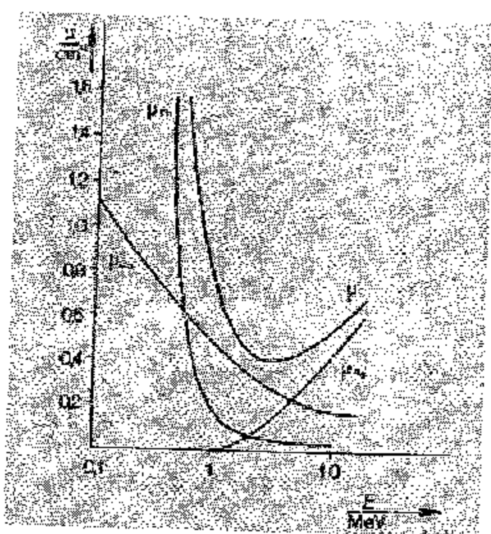
التجربة الثانية عشرة

امتصاص أشعة غاما

الغرض من التجربة: تحديد الثخن النصفي($d_{1/2}$) ومعامل الامتصاص μ لعنصر الألمنيوم .

الأجهزة المستعملة: أنبوبة جايجر – عاكس نبضات – عدادة(مؤقتة) – مولد توتر عالي – مسطرة قياس أبعاد – اسطوانة رصاصية مثقوبة – منبع لأشعة غاما ($^{60}_{27}Co$ أو $^{226}_{88}Ra$) – صفائح امتصاص .

المبدأ النظري: يعبر معامل الامتصاص الخطي μ عن الجزء الممتص من أشعة غاما في واحدة الطول (الثخانة) من المادة الممتصة وإذا قسمنا هذا المعامل على كثافة المادة ρ حصلنا على مايسمى معامل الامتصاص الكتلي . تتفاعل أشعة غاما مع المادة بشكل أساسي وفق آليات المفعول الكهرضوئي ومفعول كومبتون وإنتاج الأزواج و ويرتبط الإسهام النسبي لهذه الآثار الثلاثة في المعامل الكلي للامتصاص بطاقة أشعة غاما كما في الشكل (1) , وكذلك بالعدد الذري Z للمادة الماصة .



الشكل (1) امتصاص أشعة غاما في الرصاص كتابع للطاقة

تتناقص كثافة الاشعاع المار عبر وسط ماص (وبالتالي يتناقص معدل العد) وفق علاقة لامبرت الأسية $I = I_0 e^{-\mu x}$ حيث I_0 كثافة الاشعاع الوارد على الوسط الماص وI كثافة الاشعاع النافذ منه , μ معامل الامتصاص , وx ثخن المادة الماصة. وبما أن الثخن النصفي $d_{1/2}$ لمادة هو سماكة المادة التي تضعف كثافة الاشعاع إلى نصف قيمتها الأصلية يمكن إيجاد العلاقة بين μ و $d_{1/2}$ انطلاقاً من علاقة لامبرت فنجد :

$$\frac{I_0}{2} = I_0 e^{-\mu d_{1/2}} \Rightarrow \ln 2 = \mu d_{1/2} \Rightarrow \mu = \frac{\ln 2}{d_{1/2}}$$

الطريقة: 1- قس المتوسط الحسابي N_0 لمعدل العد الطبيعي في الدقيقة الواحدة (بدون منبع مشع) /متوسط ثلاثة قياسات على الأقل/

2- ضع المنبع المشع داخل الاسطوانة الرصاصية ثم ضع الاسطوانة بحيث يكون ثقبها على بعد 2 cm من نافذة أنبوبة جايجر وحافظ على هذا الوضع خلال التجربة كلها.

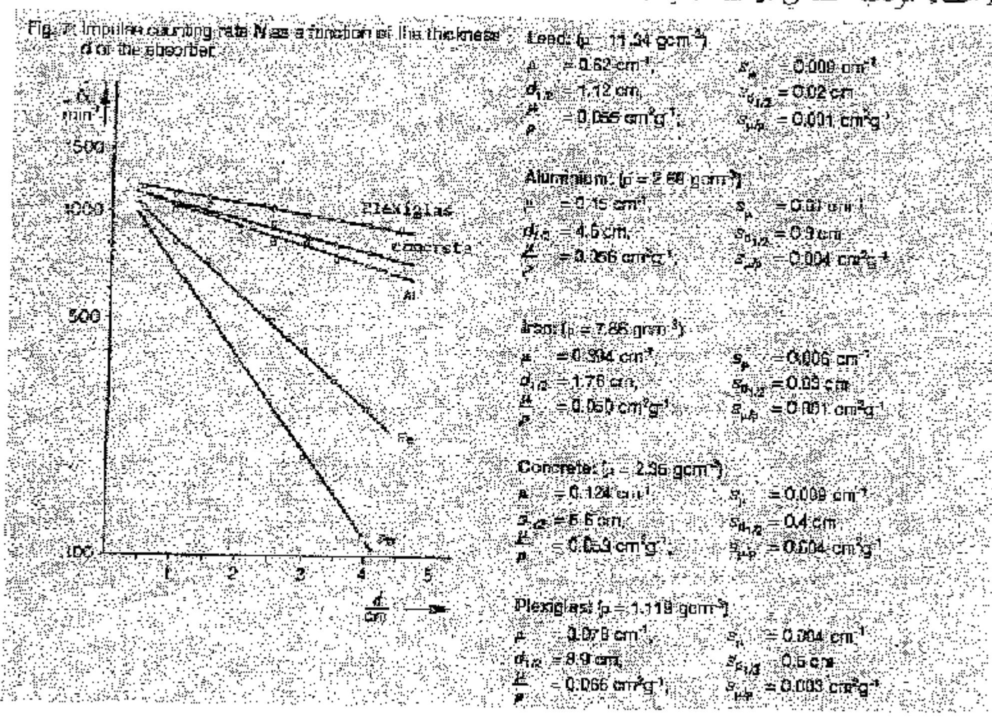
3- استعمل زمن تعداد ثابت (دقيقة واحدة) خلال جميع القياسات .

4- قس التعداد N_s بدون وجود الصفائح الماصة , ثم ضع أرق صفحة من الألمنيوم بين المنبع المشع ونافذة أنبوبة جايجر وقم بقياس التعداد , ثم كرر ذلك من أجل سماكات مختلفة من صفائح الألمنيوم ودون جميع النتائج القياس في الجدول (1) .

الجدول (1)

السماكة المقيسة $x(mm)$	التعداد (عدة في الدقيقة) N_s	التعداد الصحيح $N=N_s-N_0$
0		
2		
.		
20		

5- أرسم على ورق نصف لوغاريتمي الخط البياني للتعداد الصحيح N بدلالة سمك الألمنيوم x واستنتج منه قيمة الثخن النصفي $d_{1/2}$ ثم احسب قيمة معامل الامتصاص الخطي μ والكتلي μ/ρ وقدر الأخطاء المرتكبة كما في الأمثلة التالية :



التجربة الثالثة عشرة

تعيين ثابت بلانك

هدف التجربة :

1- إيضاح المفعول الكهرضوئي

2- تعيين ثابت بلانك

3- تعيين تابع العمل وطول موجة عتبة الإصدار للمهبط الضوئي

الأجهزة المستعملة

- مصباح طيفي زئبقي بقاعدة تسعة أرجل – ثلاث مرشحات التداخل

- قوابس BNC إلى 4mm مزدوج – أسلاك توصيل – وحدة تغذية للمصابيح الطيفية
- خلية ضوئية مع علبتها – مضخم قياس شامل –مقياس رقمي متعدد المجالات

المبدأ النظري

يتم تعيين ثابت بلانك h باستعمال خلية ضوئية تستند إلى المفعول الكهرضوئي. وقد جهزت الوحدة بخلية ضوئية تستعمل مهبطاً ضوئياً من كبريت الرصاص PbS . يقاس الجهد , الذي تؤمنه الخلية الضوئية عندما يسلط عليها ضوء طول موجته معروفة , مباشرة باستعمال مقياس جهد ذي مقاومة عالية جداً $R_i > 10^{13}\Omega$.

توضع الخلية الضوئية ضمن علبة تحجب عنها الحقول المحيطة بها . ويدخل الضوء عبر أنبوب يحتوي مرشحات التداخل . ويمكن إغلاق الفتحة أو فتحها باستعمال الستار المعدني المنزلق .

يمكن إزالة الجزء العلوي من العلبة , والذي طبع عليه مخطط الدارة , بفك بذال التثبيت . وقد وضعت الخلية الضوئية ضمن أنبوب ذي فتحتين ويقوم الجسر بين الفتحتين بحماية المصعد المركزي من التشعيع المباشر وبهذا يتم تجنب الإصدار من المصعد .

3- مبدأ القياس



عند ورود الضوء على المهبط الضوئي تنطلق الإلكترونات الضوئية نتيجة المفعول الكهرضوئي , وهذا يتم عندما تكون طاقة الفوتون الوارد أكبر من طاقة ارتباط الإلكترون بالمهبط والتي تـدعى بتابع العمل W_a . وتزداد الطاقة الحركية للإلكترون المنطلق W_k مع زيادة طاقة الفوتون الوارد hf

$$W_k = hf - W_a \qquad (1)$$

حيث h هو ثابت بلانك , و f هو تواتر الضوء الوارد

تصل الإلكترونات المنطلقة من المهبط إلى المصعد فيزداد فرق الكمون إلى قيمة نهائيـة U_G نكون من أجلها الطاقة الحركية W_k للإلكترون مساوية للطاقة الكهربائية المتنامية $e.U_G$

$$W_k = e(U_G) \qquad (2)$$

حيث $e = 1.6x10^{-19}C$ هي شحنة الإلكترون

من المعادلة (1) و (2) نجد

$$e.U_G = hf - W_a \qquad (3)$$

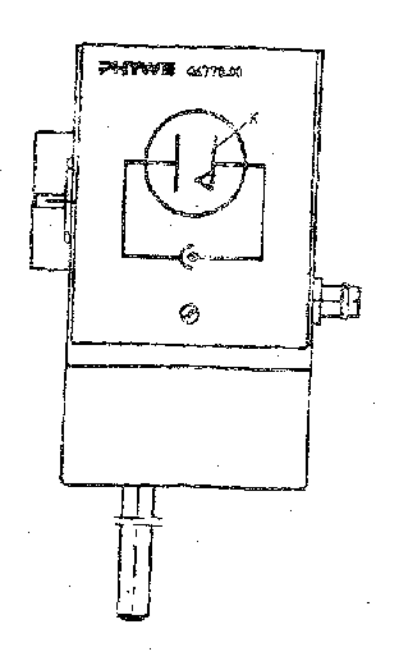
فإذا قيس الجهد U_G من أجل طولين موجيين فإننا نحصل على المجهـولين h و W_a مـن المعادلة (3) . وفي الواقع فإننا نقوم بقياس U_G عدة مرات ونرسمها كتابع للتواتر f ونعدل العلاقـة (3) لتصبح من الشكل

$$U_G = \frac{h}{e} f - \frac{W_a}{e} \qquad (4)$$

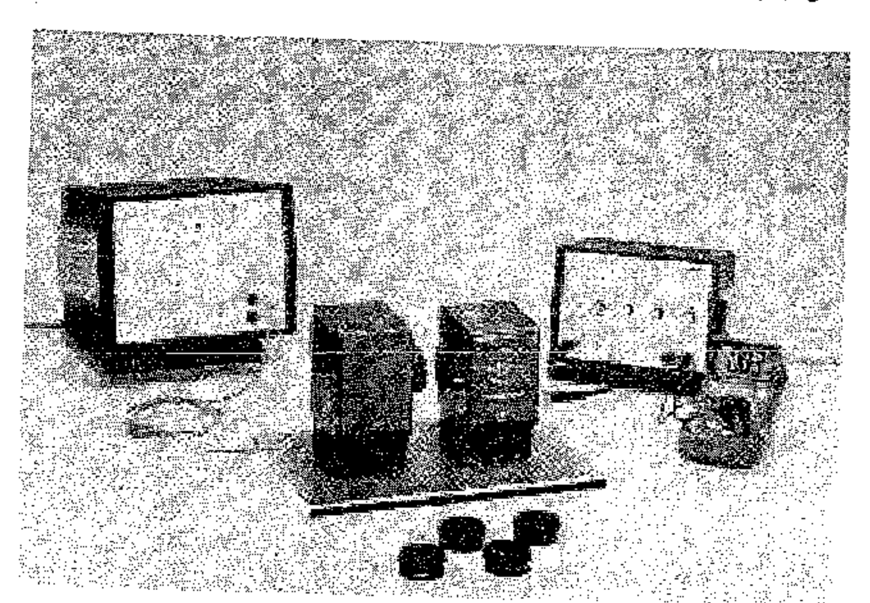
وهي معادلة مستقيم ميله h/e .

لا يكون تابع العمل لمهابط كبريت الرصاص PbS ثابتاً فهو يتأثر بتقنية تصنيع المهابط الضوئية . وعندما تتعين قيمة h نستطيع حساب قيمة تابع العمل W_a من تقاطع المستقيم مع محـور التواتر فنحصل على ما يسمى تواتر عتبة الإصدار أو طول موجة عتبة الإصدار والتي يكون عنـدها U_G مساوياً للصفر وبالتالي $W_a = hf_{min} = hc/\lambda_{max}$.





الشكل (1) خلية ضوئية لتعيين ثابت بلانك h مع علبتها



الشكل (2) ترتيب تجربة تعيين ثابت بلانك

4- تنفيذ التجربة

يظهر الشكل(2) ترتيبات التجربة . ويجب تشغيل المصباح الطيفي قبل خمس عشرة دقيقة من بدء تنفيذ القياسات يوضع بعدها على بعد 2cm تقريباً من المرشح الداخلي الذي يغطي فتحة دخول الضوء . ومن الضروري جداً استعمال مضخم القياس ذي المقاومة العالية $R_i > 10^{13}\Omega$ والا ستكون القياسات غير صحيحة . يجب اختيار نمط التشغيل "electrometer" ومعامل

التضخيم "I" على مضخم القياسات . وبصورة عامة يمكن وصل أي مقياس كمون رقمـــي أو ذو مؤشر إلى مخرج المضخم .

- أقصر مدخل المضخم بضغط المفتاح "0; عندما تكون فتحة دخول الضوء للخلية الضوئية مغلقـــة .وفي أثناء ذلك إجعل قراءة مضخم القياسات مساوية للصفر من خلال التحكم بالمفتاح "0;

- افتح الستار المنزلق وسجل قيمة الجهد U_G .

- أغلق الستار المنزلق وبدل المرشح وكرر ما سبق على جميع المرشحات الموجودة .

- أرسم المنحني الممثل لقيم U_G كتابع لقيم f واحسب قيمة h من ميل المستقيم مستعملاً العلاقـــة (4)

- قدر الارتياب في التجربة ؟ علل ؟

التجربة الرابعة عشرة

استخدام الثنائي البلوري ذي الوصلة P – N في تقويم التيار المتناوب

الغاية من التجربة

تقويم التيار المتناوب في الحالات التالية :

أ ــ تقويم نصف الموجة

ب ــ تقويم نصف الموجة مع الترشيح بواسطة مكثفة

مقدمة نظرية :

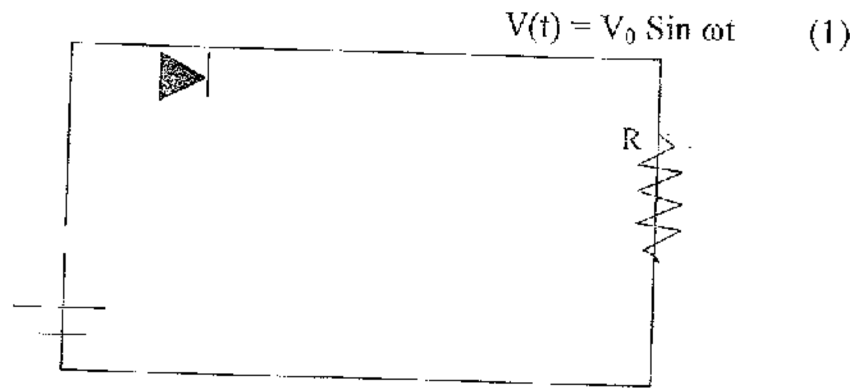
هذا وتشير الخواص المميزة للثنائي أنه إذا طبقنا على الثنائي توتراً في الاتجاه الأمامي يزيد عن توتر حاجز الكمون V_b غدا الثنائي ناقلاً وأبدى مقاومة صغيرة .

أما إذا طبقنا عليه توتراً في الاتجاه العكسي أبدى مقاومة كبيرة ومرّ فيه تيار صغير جداً كما لو أنّ الدارة مفتوحة . يمكن الاستفادة من هذه الخاصة في تقويم التيار المتناوب ، فإذا طبقنا على الثنائي توتراً متناوباً غدا ناقلاً عندما تكون النوبة موجبة . أما إذا أصبحت النوبة سالبة أصبح الثنائي في حالة تغذية عكسية لذا فهو لا يمرر أي تيار ، أي أنــه يوقف تلك النوبة .

تقويم نصف الموجة

لتكن الدارة المبينة في الشكل. يعطي مولد الإشارة توتراً جيبياً من الشكل :

$$V(t) = V_0 \sin \omega t \qquad (1)$$



عندما تصبح $V>V_b$ ينقل الثنائي تيارا I_d في نصف النوبة الموجب ويتشكل بين طرفي مقاومة الحمولــة R_L توتراً آنيا" قيمته $V_r=R_L.I_d$ ، أما قيمته الوسطى فهي :

$$\overline{V_R} = R_L.\overline{I_d} = \frac{R_L}{2\pi}\int_0^{2\pi} I_d(\omega t)\, d(\omega t) \qquad (2)$$

فإذا كانت $R_L>r_d$ ، نستطيع أن نكتب بتقريب جيد :

$$V(t) = R_L.I_d$$

حيث $I_d = \dfrac{V(t)}{R_L}$ من أجل $0 < t < \pi$

و $I_d=0$ من أجل $\pi < t < 2\pi$

ونستطيع أن نجد بسهولة أنّ القيمة المتوسطة للتيار المقوم هي :



$$\overline{I_d} \cong \frac{V_0 - V_b}{R_L} \qquad (3)$$

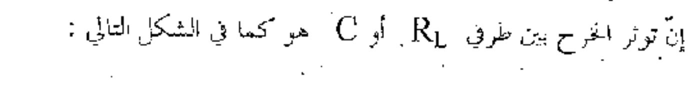
وبالتالي فإنّ القيمة المتوسطة للتوتر المتشكل بين طرفي الحمولة هي :

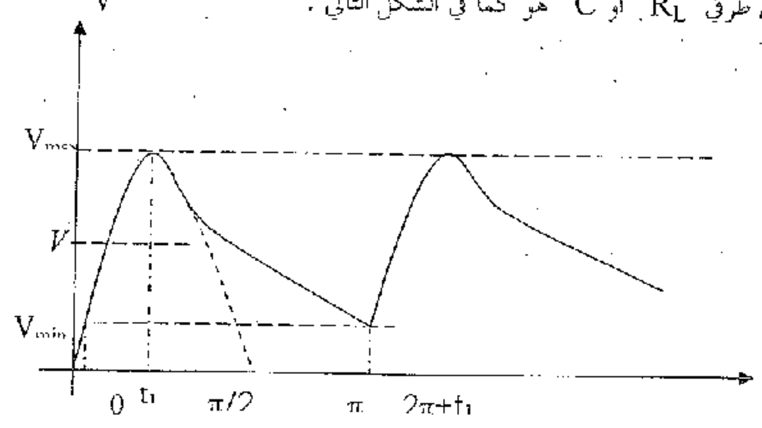
$$\overline{V_R} = R_L \overline{I_d} = \frac{V_0 - V_b}{\pi} \qquad (4)$$

تقويم نصف موجة مع مرشح وسعي

وجدنا في حالة تقويم نصف موجة ، أنّ التوتر بين طرفي R_L هو سلسلة من أنصاف الموجات الجيبية (بين 0 و π) . لنضع الآن بين طرفي الحمولة مكثفة سعتها C ، ولنحاول فهم عمل التركيبة الجديدة .

إنّ توتر الخرج بين طرفي R_L أو C هو كما في الشكل التالي :





ويفسر ذلك كمايلي :

في لحظة ما t حيث $t_1 < t < \pi/2$ تكون قيمة توتر المنبع أعلى قليلاً من قيمة التوتر بين طرفي المكثفة ، ويكون الثنائي في حالة انحياز أمامي فتشحن المكثفة عبر مقاومة الثنائي الصغيرة جداً r_d ، ولما كانت الثابتة الزمنية $r_d.C$ صغيرة جداً فإنّ الشحن يتم خلال فترة زمنية قصيرة تكاد تكون آنية إلى أن تصل شحنة المكثفة إلى قيمتها العظمى $V_{max}=V_0$ في اللحظة $t=\pi/2$.

بدءاً من اللحظة $t=\pi/2$ يبدأ توتر المنبع بالتناقص فيصبح الثنائي في حالة انحياز عكسي ويكون في دور القطع ، فتبدأ المكثفة بالانفراغ عبر المقاومة R_L (حيث $R_L > r_d$) بثابت زمني $R_L.C$. ويلاحظ أنّ عملية التفريغ أبطأ بكثير من عملية الشحن . وتستمر فترة التفريغ حتى اللحظة $t=2\pi+t_1$ حيث يصل توتر الخرج V عندها إلى قيمته الصغرى V_{min} ؛ وفي هذه اللحظة يصبح توتر المنبع أكبر من توتر الخرج بين طرفي المكثفة أو الحمولة من جديد فيعود الثنائي إلى النقل من جديد وتبدأ المكثفة بالشحن من جديد . وتتكرر العملية السابقة ..... وهكذا نرى أنّ التوتر بين طرفي المكثفة ، وبالتالي بين طرفي R_L ، يتغير في جوار قيمة متوسطة $\overline{V}$.

إذا رمزنا بـ $2\Delta V$ لمقدار تغير الموجة ، أي : $2\Delta V = V_{max} - V_{min}$

فإننا نجد :

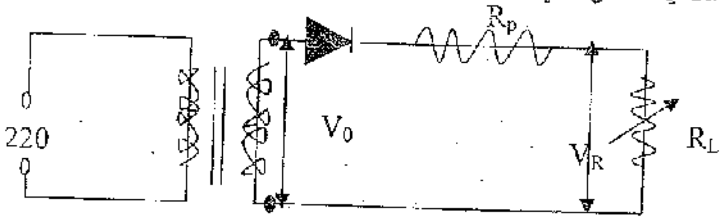
$$\frac{\Delta V}{\overline{V}} = \frac{1}{2fCR_L} \qquad (5)$$

حيث f هو تواتر منبع .

الإجراءات التجريبية

تقويم نصف موجة

1 ـ حقق التركيب المبين في الشكل التالي :



2 ـ شاهد التوترين V_0 و V_R على راسم الاهتزاز المهبطي وارسمهما على ورقة مليمترية واحدة.

3 ـ فسر ما شاهدته على الراسم .

4 ـ قس V_0 على راسم الاهتزاز ، وقس $\overline{V_R}$ بواسطة مقياس فولط مستمر .

5 ـ قارن بين قيمة $\overline{V_R}$ المقيسة في (4) وبين قيمتها المحسوبة من العلاقة (4) ، وفسر أي اختلاف تلاحظه .

تقويم موجة كاملة مع مرشـــح

1 ـ ارجع إلى التركيب السابق المبين في الشكل (8-13) وضع بين طرفي مقاومة الحمولة مكثفة

2 ـ أعد الطلبات 2 ، 3 ، 4 ، 5 ، الواردة في الفقرة السابقة .

3 ـ قارن بين النتائج التي حصلت عليها من التركيبين المذكورين ، فسر ما تلاحظه